Oec. 248 e
Bersch

Gährungs-Chemie
für
Praktiker.

Erster Theil.

Die Hefe
und die
Gährungs-Erscheinungen.

Von

Dr. Josef Bersch.

Mit 75 in den Text gedruckten Holzschnitten.

Berlin.
Verlag von Wiegandt, Hempel & Parey.
Verlagsbuchhandlung für Landwirthschaft, Gartenbau und Forstwesen.
1879.

Preis 8 Mark.

421 F

Auszug aus der Inhalts-Uebersicht.

I. Theil: Hefe und Gährungs-Erscheinungen.

Einleitung.

I. Gährung im Allgemeinen.
II. Ansichten über das Wesen der Gährung zu verschiedenen Zeiten.
III. Die Gährungsorganismen in morphologischer Beziehung.
IV. Die Fermentorganismen in chemischer Beziehung.
V. Die Fermentorganismen in physiologischer Beziehung.
VI. Die Gährung als chemisch-physiologischer Vorgang.
VII. Die Ernährungsbedingungen der Gährungsorganismen.
VIII. Versuche über die Ernährungsverhältnisse der Gährungsorganismen.
IX. Die Ernährungsbedingungen der anderen Fermente.
X. Die Spaltpilze.
XI. Die Arbeitsleistung der Gährungsorganismen.
XII. Die Gährungsprodukte.
XIII. Die sekundären Gährungen.
XIV. Die chemischen Fermente.
XV. Die Gährungstheorie Nägeli's.
XVI. Die Fermente in technischer Beziehung.
XVII. Die Erziehung reiner Hefe.

II. Theil. Malz- Dextrin- und Traubenzuckerfabrikation.

Einleitung.

Physikalisch-chemischer Theil.

I. Das Getreide.
II. Das Getreide in botanischer Beziehung.
III. Die chemischen Bestandtheile der Getreidearten.
IV. Das Stärkemehl in den Getreidesamen.
V. Die anatomischen Verhältnisse der Getreidekörner.
VI. Veränderung der Getreidekörner in morphologischer Beziehung.
VII. Wirkung äußerer Einflüsse auf den Keimungsvorgang.
VIII. Veränderung der Getreidekörner in chemischer Beziehung.
IX. Nachtheilige Einflüsse auf den Keimungsvorgang.

Praktischer Theil.

X. Die mechanische Reinigung des Getreides.
XI. Das Quellen.
XII. Das Keimen.
XIII. Die Malztennen.
XIV. Die Malzdarren.
XV. Die Malzmühlen.
XVI. Die mechanische Mälzerei.
XVII. Anlagen von Malzfabriken.
XVIII. Arten des Malzes, Werthbestimmung derselben.
XIX. Fabrikation des Traubenzuckers.
XX. Fabrikation des Dextrines.

III. Theil: Bierbrauerei und Fabrikation der Preßhefe.

I. Einleitung.

Theorie des Brauwesens.

II. Materialien zur Bierbrauerei.
III. Malzbereitung für Brauzwecke.
IV. Hopfen und Hopfen-Extract.
V. Verschiedene Braumethoden.
VI. Darstellung der Würze nach verschiedenen Verfahren.
VII. Kühlen der Würze.
VIII. Hauptgährung der Würze.
IX. Lagerung des Bieres.
X. Charakteristik der verschiedenen Biersorten.
XI. Export-Biere.

Fortsetzung auf der dritten Seite des Umschlag!

Berlin.
Verlag von Wiegandt, Hempel & Parey.

Gährungs-Chemie

für

Praktiker.

Von

Dr. Josef Bersch.

Erster Theil.

Die Hefe und die Gährungs-Erscheinungen.

Mit 75 in den Text gedruckten Holzschnitten.

Berlin.
Verlag von Wiegandt, Hempel & Parey.
Verlagsbuchhandlung für Landwirthschaft, Gartenbau und Forstwesen.
1879.

Die Hefe

und die

Gährungs-Erscheinungen.

Handbuch

für

Gährungstechniker.

Von

Dr. Josef Bersch.

Mit 75 in den Text gedruckten Holzschnitten.

Berlin.

Verlag von Wiegandt, Hempel & Parey.

Verlagsbuchhandlung für Landwirthschaft, Gartenbau und Forstwesen.

1879.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Vorwort.

Den sogenannten gährungs-chemischen Gewerben kommt in der Reihe der chemischen Industrien eine erste Stelle zu, indem es ihre Aufgabe ist, die organische Substanz, welche ihnen in den Produkten des Ackerbaues geliefert wird, in neue Formen zu bringen, in denen sie einen viel höheren Werth besitzt, als in der ursprünglichen Gestalt. Von diesem Standpunkte aus lassen sich die Gährungsgewerbe gewissermaßen als das verbindende Glied zwischen Ackerbau und Industrie hinstellen und sehen wir allenthalben die Thätigkeit des Landwirthes mit jener des Gährungs-Technikers verbunden, ja an vielen Orten ist die letztere als die werkthätigste Gehilfin des Landwirthes anzusehen, indem sie ihm reiche und sichere Absatzquellen für seine Produkte eröffnet — der Reichthum mancher Länder beruht auf dieser zweckmäßigen Vereinigung von Ackerbau und Gewerbe —, wie könnte der Weinbauer des Südens, wie der Landwirth des Nordens sein Auskommen finden, wenn ersterer seine Trauben nicht in veredelter Form: als Wein, letzterer das Getreide und die Kartoffeln, welche ihm sein kargerer Boden trägt, nicht als Bier oder Branntwein verwerthen könnte?

Unsere Literatur besitzt erfreulicher Weise eine ansehnliche Zahl ausgezeichneter Werke, welche die verschiedenen Zweige der Gährungschemie behandeln, und thun dies, ihrem Zweck entsprechend, ohne besondere Rücksichtnahme auf andere Industriezweige. — Zwischen den einzelnen Zweigen der Gährungstechnik besteht aber keineswegs eine so tiefeingreifende Scheidung, als man auf den ersten Blick vermuthen sollte, sondern es existirt zwischen ihnen in Wirklichkeit ein ununterbrochener Zusammenhang, ein Uebergang von einem Gewerbe zum andern. Die Erkenntniß dieses Zusammenhanges ist aber eine Sache von größtem Werth für die Praxis, indem sie gleichzeitig die Mittel an die Hand giebt, nicht nur den Rohstoff, sondern auch alle sich bei der Verarbeitung desselben ergebenden Nebenprodukte vollständig und auf vortheilhafte Weise auszunutzen.

Es giebt aber kein Werk in der neueren Literatur, welches die Darstellung der Gährungsgewerbe mit Bezugnahme auf deren inneren Zu-

sammenhang zum Gegenstande hätte — das vorliegende Buch ist ein Versuch, ein derartiges Werk zu begründen. . . . Niemand kann wohl die Größe der Aufgabe, deren Bewältigung er sich gestellt hat, besser würdigen, als der Verfasser selbst und nur das Bewußtsein, daß er sich seit einer langen Reihe von Jahren die Gährungschemie zum Gegenstande der eingehendsten Studien und Arbeiten gemacht hat, lassen ihn hoffen, daß sein Werk kein nutzloses für die Praxis sein werde.

Die Lehre von den Gährungserscheinungen hat erst in unseren Tagen ihre wissenschaftliche Begründung erhalten und ist es daher begreiflich, daß über das Wesen der Gährungsvorgänge mitunter bei den ausgezeichnetsten Praktikern die unklarsten Begriffe herrschen. Diese Thatsache bewog mich, mein Werk mit einer Darstellung der Lehre von den Gährungserscheinungen einzuleiten, in der namentlich jene Theile besonders ausführlich behandelt sind, welche für den Praktiker besondere Bedeutung haben. Mein Streben ging dahin, in dem vorliegenden Bande die Wissenschaft von den Gährungs-Erscheinungen in möglichst einfacher Form darzustellen, ohne jedoch dabei in jene Bahn zu gerathen, welche man so häufig als die populäre zu bezeichnen liebt, ein Vorgehen, welches nur zu häufig anstatt zur gründlichen Belehrung zum gefährlichen Halbwissen führt.

Daß sich hierbei der klaren Darstellung der verschiedenen Ansichten wahrhaft riesige Schwierigkeiten entgegen stellten, wird jedem begreiflich erscheinen, der sich selbst mit der Lehre von den Gährungserscheinungen beschäftigt — die Wissenschaft von den Gährungsvorgängen, wie sie unsere Zeit kennt, ist noch keineswegs ein fest gefügtes, unumstößliches Lehrgebäude, sondern ist gerade in neuester Zeit durch die Aufstellung einer neuen Theorie bis in ihre Grundfesten erschüttert worden — ich habe mich bemüht, wenigstens alle Anschauungen, welche bis in die jüngste Zeit über das Wesen der Gährungsvorgänge ausgesprochen worden, im Zusammenhange darzustellen, um meiner Arbeit wenigstens einen historischen Werth zu sichern.

Das vorliegende Werk beansprucht nicht, ein rein wissenschaftliches zu sein — es ist in der Absicht abgefaßt, die Lehre von den Gährungsvorgängen und der auf diesen beruhenden Gewerbe in solcher Weise darzustellen, daß es dem mit den Grundlehren der Naturwissenschaft vertrauten ein nützlicher Führer und Rathgeber sei. — Wenn es dem Verfasser gelang, seinem Werke eine solche Form zu geben, daß es diesem Zwecke entspricht, so ist seine Absicht erreicht.

Baden bei Wien, im Mai 1879.

Dr. Josef Bersch.

Inhalts-Verzeichniß.

Seite

Einleitung 1

Die Lehre von den Gährungserscheinungen 7

I. **Gährung im Allgemeinen** 9

II. **Ansichten über das Wesen der Gährung zu verschiedenen Zeiten** 12

A. Im Alterthume 12

B. Ansichten im Zeitalter der Alchymie 14

C. Ansichten im Zeitalter der medicinischen Chemie 16

D. Ansichten im Zeitalter der phlogistischen Theorie 18

E. Ansichten seit der Begründung der neueren Chemie 22

Die Zeit von Fabroni bis zur Aufstellung der Theorie Liebig's . . 23

Die Gährungstheorie Liebig's 28

Die Epoche der Untersuchungen von Schwann 31

Mitscherlich's Contacttheorie 38

Stand der Anschauungen über die Gährung im Jahre 1845 . . . 38

Uebergangszeit zur Pasteur'schen Gährungstheorie 39

Tyndall's Untersuchungen über die Ursachen der Gährung 44

Die Untersuchungen Pasteur's 49

Der Ursprung der Fermentorganismen 54

III. **Die Gährungsorganismen in morphologischer Beziehung** 56

Erste Kenntnisse über die Gährungsorganismen 57

Die Untersuchungen von Mitscherlich 58

Neuere Ansichten über die botanische Natur der Alkoholfermente . . 63

Hallier's Umwandlungstheorie 65

Feststellung der botanischen Natur der am häufigsten vorkommenden Alkoholfermente 67

Die Untersuchungen von Rees 67

Saccharomyces cerevisiae als Ober- und Unterhefe 68

Vermehrung durch Sprossung und Bildung von Ascosporen . . 73

Seite
Saccharomyces ellypsoideus 78
Saccharomyces conglomeratus 79
Saccharomyces exiguus 80
Saccharomyces Pastorianus 81
Saccharomyces apiculatus 82
Saccharomyces Reesii 83
Saccharomyces minor 83
Saccharomyces Mycoderma 83
Käsige Hefe (Lévure caséeuse) 85
Schimmelpilzhefe 86
Penicillium glaucum 87
Oidium lactis 88
Mucor Mucedo 89
Mucor racemosus 89
Zusammenstellung aller gegenwärtig als Alkoholfermente bekannten Pflanzen 94
Morphologische Kenntnisse über andere Fermente 95
Nägeli's Anschauungen 98
Die Organismen der Essiggährung 99
Die sogenannte Essigmutter 101
Die Organismen der Milchsäuregährung 102
Das Ferment der Schleimgährung 105
Die Organismen der Buttersäure-Gährung 106
Das Bitterferment 108
Das Ferment rauchiger Weine 109
Specifisches Ferment im Biere 110

IV. Die Fermentorganismen in chemischer Beziehung 112
Die Hefe im Allgemeinen 112
Die Zusammensetzung der Hefeorganismen 115
Die Elementar-Analysen der Hefe 118
Die Zusammensetzung der Hefe-Asche 120
Untersuchungen über die in der Hefe enthaltenen Verbindungen . 122
Nägeli's Untersuchungen über die chemische Beschaffenheit der Bierhefe 126
Untersuchungen über die Zersetzungsprodukte der Hefe 130

V. Die Fermentorganismen in physiologischer Beziehung 132
Die physiologischen Verhältnisse der Alkohol-Gährungsfermente . . 133
Die scheinbare Verminderung der Hefe während der Gährung . . 139
Die Vermehrung der Hefe während der Gährung 141

VI. Die Gährung als chemisch-physiologischer Vorgang 145
Die Athmung der Hefeorganismen 149

VII. Die Ernährungsbedingungen der Gährungsorganismen 163

VIII. Versuche über die Ernährungsverhältnisse der Gährungsorganismen 175
Die Ernährung durch Stickstoffverbindungen 175
Die Ernährung durch Mineralverbindungen 180

Seite
Die Ernährung durch stickstofffreie Verbindungen 184
Der Wasserbedarf der Alkoholfermente 189
Der Einfluß der Temperatur auf die Gährungsorganismen . . . 190
Die gährungsschädlichen Einflüsse 194
Anhang: Die Selbstgährung der Hefe 196
Die Ernährungsverhältnisse des Kahnfermentes 199
Rückblick 204

IX. **Die Ernährungsbedingungen der anderen Fermente** 206
Die Ernährungsbedingungen des Essigfermentes 208
Die Ernährungsbedingungen des Milchsäurefermentes 214
Die Buttersäuregährung 217
Die Salpetersäuregährung 220
Andere weniger bestimmte Gährungsvorgänge 221

X. **Die Spaltpilze** 224

XI. **Die Arbeitsleistung der Gährungsorganismen** 234

XII. **Die Gährungsprodukte** 240
Das relative Verhältniß der Gährungsprodukte 241
Lavoisier's Untersuchung über die Gährungsprodukte 242
Gay-Lussac's Gährungsgleichung 243
Die Pasteur'sche Gährungsgleichung 244
Gährungsgleichungen, welche das Entstehen des Glycerins und der Bernsteinsäure versinnlichen 246
Essigsäure als Produkt der Alkoholgährung 248
Die Fuselöle 249
Die Zusammensetzung der Fuselöle 251
Zucker als Gährungsprodukt 252
Dextrose und Levulose 253
Die vergährende Kraft verschiedener Alkoholfermente 255
Die Nachgährungsfermente 256
Aufeinanderfolge verschiedener Fermente 258

XIII. **Die secundären Gährungen** 263
Die Gährung des Glycerins 265
Die Gährung des Stärkemehls 267
Die Mannitgährung 268
Die Ammoniakgährung 270
Die Faulniß 272

XIV. **Die chemischen Fermente** 274
Die Diastase 280
Die Produkte der Diastasewirkung 287
Die Maltose 290
Das Dextrin 291
Die Zwischenprodukte der Diastasewirkung 294
Andere chemische Fermente 297
Das Emulsin oder die Synaptase 298

Seite

XV. **Die Gährungstheorie Nägeli's** 300

XVI. **Die Fermente in technischer Beziehung** 309

Die Prüfung der Fermente 313
Die mikroskopische Prüfung der Bierhefe 316
Die mikroskopische Prüfung der Branntweinhefe 320
Die mikroskopische Prüfung des Weines auf die Gegenwart von Fermenten 321
Die Durchführung der mikroskopischen Prüfung der Fermente . . . 323
Besondere Erscheinungen bei der mikroskopischen Prüfung von Fermenten 325
Die Prüfung der Alkoholfermente auf chemischem Wege 329
Die Prüfung der chemischen Fermente 330

XVII. **Die Erziehung reiner Hefe** 332

Anhang: Die Conservirung von Hefe 338

Sinnstörende Druckfehler.

Seite	26	Zeile	16	von oben	lies	anstatt	Zerreißung	„Zersetzung".
„	59	„	14	„ unten	„	„	Zahlen	„Zellen".
„	71	„	2	„ oben	„	„	Sacchomyces	„Saccharomyces".
„	90	„	7	„ unten	„	„	Mucor Mundo	„Mucor Mucedo".

Bayerische Staatsbibliothek MÜNCHEN

Einleitung.

Unter jenen Industrien, welche auf chemischer Grundlage basiren, nimmt die Zymotechnik oder die Lehre von den auf Gährungsvorgängen beruhenden Gewerben eine wichtige Stelle ein, indem grade eine größere Zahl von Producten, deren wir uns theils als Nahrungs- theils als Genußmittel, theils auch als Hülfsmittel in verschiedenen anderen Gewerben bedienen, durch Gährungsvorgänge entstehen. Nach dem eben Gesagten könnten wir somit den Begriff: Gährungschemie in der Weise auffassen, daß wir ihn als den Theil der chemischen Technologie bezeichnen, welcher sich mit der Darstellung jener Körper beschäftigt, die durch den eigenthümlichen Vorgang, welchen wir im Allgemeinen als Gährung bezeichnen, erhalten werden.

Wenn wir jedoch blos bei dieser Erklärung stehen bleiben, so lassen sich als gährungschemische Gewerbe im eigentlichen Sinne des Wortes nur die Weinbereitung, die Branntweinfabrikation, die Bierbrauerei und die Darstellung des Essigs anführen. Man hat aber den Begriff gährungschemische Gewerbe gegenwärtig viel weiter ausgedehnt, als es nach der vorstehenden Erklärung möglich erscheint, und hat die Fabrikation jener Körper, welche überhaupt in Gährung gesetzt werden können, ebenfalls dem Gebiete der Zymotechnik zugerechnet. In diesem Sinne ist die Fabrikation des Zuckers aus Zuckerrohr oder Rüben, die Darstellung des Stärkemehls aus den verschiedenen Materialien gleichfalls in das Gebiet der Gährungsgewerbe einzubeziehen. Die Fabrikation des Malzes, bei welcher eine Umwandlung von Stärkemehl in gährungsfähigen Zucker stattfindet, und die mit der Darstellung des Malzes in Beziehung stehende Fabrikation des Traubenzuckers muß nach dieser Auffassung des Begriffes Gährungschemie ebenfalls in den Rahmen der zymotechnischen Gewerbe einbezogen werden.

Wenn wir es versuchen, eine allgemein gültige Erklärung für den Begriff Gährungschemie im technischen Sinne nach der jetzt herrschenden Auffassung zu geben, so müssen wir sagen, daß alle jene Gewerbe, welche sich mit der Darstellung der Zuckerarten — sei es durch bloße Reindarstellung derselben, wie sie bei der Fabrikation des Rohrzuckers vorgenommen wird, oder der Gewinnung derselben auf indirectem Wege (aus dem Stärkemehle) und den aus dem Zucker

abgeleiteten Producten befassen, zu jenen gehören, die man als Gährungsgewerbe zu bezeichnen pflegt. Wenn wir von der rein gewerblichen Seite absehen und den Begriff Gährungschemie allgemein zu fassen suchen, so muß die Erklärung anders lauten, und müssen wir sagen, daß alle Vorgänge, die wir durch die Gährung bedingt sehen, in das Gebiet der Gährungschemie gehören. In diesem Sinne wird das Gebiet der Gährungschemie noch ein viel weiteres, als wenn wir uns blos auf den gewerblichen Theil derselben beschränken. Die Vorgänge, welche sich in den lebenden Pflanzen vollziehen und welche die Ursache beständiger Umsetzungen in denselben sind, müssen ebenso gut zu den Gährungserscheinungen gezählt werden, wie viele Erscheinungen im Thierkörper, eine große Reihe von Krankheitserscheinungen und außerdem noch jene Vorgänge, die wir bis nun unter den ganz unbestimmten Begriffen der Verwesungserscheinungen und der Fäulnißvorgänge zusammenfassen. Bis zur Gegenwart ist es uns noch ganz unmöglich die Grenze festzusetzen, bei welcher die Gährungsvorgänge aufhören und die rein chemischen Processe beginnen, und können wir nur von der Zukunft die Feststellung derselben erwarten.

Die Ursache dieser mangelhaften Kenntnisse liegt nach unserer Meinung in den ganz eigenthümlichen Schwierigkeiten, welche sich der Erforschung der Ursachen der Gährungen entgegenstellen — Schwierigkeiten, welche wir selbst gegenwärtig, so vollkommnet unsere Untersuchungsmethoden auch sein mögen, noch nicht völlig überwinden können. Wie wir bald näher auseinandersetzen werden, ist die Zymotechnik als Gewerbe schon seit langer Zeit bei den verschiedensten Völkern bekannt, und haben sich die Gelehrten schon vor vielen Jahrhunderten damit beschäftigt, die Ursachen der Gährungsvorgänge zu ergründen. Erst unserer Zeit war es vorbehalten, den Schleier, welcher über die Ursachen der Gährungserscheinungen lag, zu lüften, und können wir sagen, daß die Anfänge unsere positiven Kenntnisse über die Gährung kaum mehr als ein halbes Jahrhundert alt sind.

So kurz dieser Zeitraum auch ist, so hat er dennoch mehr an Aufklärung über die Gährungserscheinungen gebracht als alle früheren Jahrhunderte zusammen, und sind wir gegenwärtig schon so weit gelangt, daß wir das Lehrgebäude der Wissenschaft von den Gährungserscheinungen — wenigstens seinen allgemeinen Umrissen nach feststellen können. Es wäre aber der größte Irrthum, anzunehmen, daß unser Wissen über die Gährungsvorgänge ein vollkommen feststehendes und festbegründetes sei; unsere Zeit ist vielmehr eine solche des Kampfes und des Streites zwischen den verschiedenartigsten Anschauungen, und widersprechen sich die Gelehrten, welche sich mit den Gährungserscheinungen beschäftigen, oft in den wichtigsten Fragen. Grade aber die Lebhaftigkeit des Streites, wie er in unseren Tagen über diesen Gegenstand geführt wird, läßt uns erwarten, daß aus den Bemühungen der Forscher, welche sich mit dieser Seite der Wissenschaft beschäftigen, allgemein gültige und unanfechtbare Ergebnisse hervorgehen werden.

Die Praxis ist auf dem Gebiete der Gährungschemie der Theorie weit vorangeeilt; wir benützen die Wirkungen der Gährungen zur Erreichung bestimmter

Zwecke, ohne daß wir uns über das Wesen dieser Vorgänge vollkommen klar sind; die Jahrhunderte alte praktische Erfahrung ersetzt das theoretische Wissen, auf dem Gebiete der Gährungschemie vielleicht mehr als auf jedem anderen technischen Gebiete. Wenn nun auch die Praxis der Gährungsgewerbe die Wissenschaft von der Gährung gegenwärtig noch überflügelt, so ist Letztere doch schon so weit gelangt, daß sie vielfach als Lehrmeisterin der Praxis auftreten kann — eine Thatsache, welche auch von Seite der Practiker gegenwärtig allgemein anerkannt wird; kein Fabrikant, welcher sich mit irgend einem Zweige der Gährungschemie beschäftigt, kann sich heutzutage der Wissenschaft mehr entschlagen, wenn er überhaupt sein Gewerbe anders als auf handwerksmäßige Weise betreiben will.

Wir sehen in unserer Zeit das allgemeine Bestreben, die Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung auf das praktische Gebiet zu übertragen und können grade die Gährungschemie als einen glänzenden Beweis für den Erfolg dieses Bestrebens anführen: Die Zuckerfabrikation, wie sie gegenwärtig in Europa betrieben wird, die Fortschritte, welche die Bierbrauerei, die Weinbereitung, die Essigfabrikation — kurz alle Gährungsgewerbe in unserer Zeit gemacht haben, sind auf Rechnung der Vereinigung der Theorie mit der Praxis zu setzen; ohne Kenntnisse über die Vorgänge bei der Gährung ist es, wie erwähnt, gegenwärtig unmöglich ein Gährungsgewerbe anders als auf eine handwerkmäßige Weise auszuüben. Jeder, welcher ein zymotechnisches Gewerbe mit Vortheil betreiben will, ist daher in unserer Zeit gezwungen, sich die wichtigsten Lehren der Wissenschaft von der Gährung anzueignen, um die Vorgänge, welche er hervorruft, auch innerhalb der gewünschten Grenzen zu erhalten. So wünschenswerth es auch sein mag, daß Jeder, welcher sich mit einem auf chemischer Grundlage beruhenden Gewerbe beschäftigt, die chemische Wissenschaft kenne, so finden wir diese Kenntniß gegenwärtig doch nur in selteneren Fällen bei den Practikern vor. Es ist Aufgabe der Wissenschaft, die Praxis durch Bekanntmachung der von ihr aufgefundenen Thatsachen zu fördern, und diese Thatsachen allgemein zugänglich zu machen; langsam aber stetig vollzieht sich dann in den Gewerben eine Wandlung zum Besseren; Industrien, welche früher auf rein empyrische Weise betrieben wurden, erlangen hierdurch eine feste Begründung und gewinnen eine kaum geahnte Ausdehnung und Entwickelung. Die Uebertragung der wissenschaftlichen Wahrheiten auf das Gebiet der Praxis ist aber eine Sache, die mit viel größeren Schwierigkeiten verbunden ist, als man gemeiniglich annimmt; die Schriften, welche sich allgemein verständlich nennen, sind durch das Streben, möglichst populär zu sein, nur zu oft unklar und bringen Demjenigen, welcher sich nach den Angaben derselben richtet, empfindlichen Schaden. — Die rein wissenschaftlichen Werke nützen dem Practiker in vielen Fällen nur wenig, weil sie eine Summe von Kenntnissen voraussetzen, die eben nur den wissenschaftlich Gebildeten eigen ist — sie werden von den Practikern nicht verstanden.

Wir sind glücklicher Weise in unserer Zeit schon so weit in der allgemeinen Bildung vorgeschritten, daß ein gewisses Maaß von Kenntnissen bei jedem Industriellen als etwas Selbstverständliches gilt, und sind wir der Ansicht, daß es überhaupt nur möglich sei, ein populäres Werk im eigentlichen Sinne des

1*

Wortes für solche zu schreiben, welche schon eine gewisse Summe von Vorkenntnissen besitzen, weil sonst jeder Autor eigentlich die Grundlehren der betreffenden Wissenszweige vollinhaltlich darstellen müßte, bevor er auf seinen eigentlichen Gegenstand übergehen könnte. Die Gährungsgewerbe gehören aber grade zu jenen, welche sich mit einer großen Reihe von physikalischen und chemischen Erscheinungen zu befassen haben, und kann nach unserer Anschauung nur Derjenige ein diesen Gegenstand behandelndes Werk mit Nutzen lesen, welcher die Grundlehren der Naturwissenschaften inne hat. Wir haben daher in dem vorliegenden Werke auch den Standpunkt eingenommen, daß wir die Grundlehren der Physik und Chemie als bekannt voraussetzten, und erscheint uns um so nothwendiger, diesen Standpunkt festzuhalten, als das Materiale der Gährungschemie an und für sich schon ein so großes ist, daß sich der Autor der möglichsten Kürze befleißen muß, wenn sein Werk nicht den Umfang vieler Bände erreichen soll.

Wie sich aus den späteren Darlegungen ergeben wird, greift die Wissenschaft von den Gährungserscheinungen noch weit über jene Wissensgebiete hinaus, welche wir im allgemeinen Sprachgebrauche als Physik und Chemie bezeichnen und muß der Gelehrte, der sich mit diesen Erscheinungen beschäftigt, ebenfalls ausgedehnte Kenntnisse in der Pflanzenkunde und der Pflanzenphysiologie besitzen. So weit als es die Deutlichkeit der Darstellung erfordert, ist es aber möglich, jene botanischen und physiologischen Verhältnisse, welche bei der Schilderung der Gährungsvorgänge ins Gewicht fallen, in kurzen Worten zu geben, und werden wir an geeigneter Stelle auf diese Verhältnisse zurückkommen müssen.

Die Gährungschemie zerfällt in zwei Haupttheile: der eine derselben beschäftigt sich mit der Darlegung der Gährungsvorgänge, ohne auf die Anwendung derselben in der Praxis Rücksicht zu nehmen, und bildet dieser Theil die Wissenschaft von den Gährungserscheinungen; der andere Zweig ist derjenige, der sich mit der Benutzung der Gährungsvorgänge für gewerbliche Zwecke befaßt und die Zymotechnik im eigentlichen Sinne des Wortes — das ist die Kunst, Gährungserscheinungen zur Erlangung bestimmter Producte hervorzurufen, umschließt. Obwohl nun die gewerbliche Seite der Gährungschemie den Gegenstand bildet, mit welchem sich unser Werk beschäftigen soll, müssen wir uns dennoch auch mit der theoretischen Seite der Gährungserscheinungen vertraut machen, indem nur die Vereinigung von Theorie und Praxis die Fähigkeit giebt, ein gährungschemisches Gewerbe dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens entsprechend zu betreiben. Unser Werk soll demnach in zwei Haupttheile zerfallen: in einen theoretischen, welcher sich mit der Wissenschaft von den Gährungserscheinungen im Allgemeinen zu beschäftigen hat, und in einen praktischen, dessen Aufgabe es sein soll, die einzelnen Arbeiten, welche bei den Gährungsgewerben in Ausübung kommen, zu schildern und zu zeigen, auf welche Art sich die von der Wissenschaft aufgefundenen Thatsachen zweckmäßig in der Praxis verwerthen lassen. Aus der Darstellung der Lehre von den Gährungserscheinungen wird sich uns auch der Umfang des Gebietes der Zymotechnik ergeben, und wollen wir uns in unserem Werke blos darauf beschränken, jene Gewerbe zu schildern, welche sich mit der Darstellung solcher Körper befassen, die man nach der allgemeinen Bezeichnung

als Producte der Gährung benennt. Das technisch wichtigste unter allen Producten der Gährung ist der Alkohol oder Weingeist; Bier, Wein und Branntwein sind Körper, welche immer eine gewisse Menge von Alkohol enthalten, und gehört demnach die Lehre von der Darstellung dieser Producte in das Gebiet der Zymotechnik. Der Alkohol im Biere und in vielen Fällen auch jener, welcher im Branntwein enthalten ist, entsteht aber nicht durch einfache Vergährung von Zucker, der schon in dem gegebenen Rohmateriale enthalten ist, sondern muß derselbe erst durch Einleitung eines besonderen Processes, der ebenfalls zu den Gährungsvorgängen gerechnet wird, dargestellt werden. Bekanntlich geschieht dies bei der Fabrikation von Bier immer mit Hülfe des Malzes, und bildet die Darstellung des Malzes einen sehr wichtigen Theil der Zymotechnik im allgemeinen Sinne des Wortes.

Grade so, wie man bei der Bereitung von Bier durch einen Gährungsvorgang den Zucker, der vorher ebenfalls durch eine eigenthümliche Gährung gebildet wurde, in Alkohol umwandelt, kann man den Alkohol, der sich in gegohrenen Flüssigkeiten vorfindet, abermals einer Vergährung unterziehen, denselben in Essigsäure umwandeln, und muß demnach auch die Darstellung des Essigs in die Reihe der Gährungsgewerbe einbezogen werden. Bei der Darstellung der verschiedenen Flüssigkeiten, welche wir eben genannt haben, ergeben sich aber noch eine Anzahl von Nebenproducten und Abfällen, die einer zum Theile sehr nutzbringenden Verwerthung zugeführt werden können, und erwähnen wir in dieser Beziehung blos der Hefe und der sogenannten Fuselöle. Diese Körper sind zweifellos Producte, welche bei den Gährungsvorgängen entstehen, und müssen in einem Werke, welches sich die Aufgabe gestellt hat, die eigentlichen Gährungsgewerbe zu schildern, eingehender besprochen werden, wenn sie auch in der Mehrzahl der Fälle nicht als die Hauptproducte, sondern als unvermeidliche Nebenproducte oder als sogenannte Abfallstoffe auftreten. Wir sehen in allen Zweigen der Industrie gegenwärtig das lebhafte Streben, keinen der sich hierbei ergebenden Körper unbenutzt zu lassen, und muß daher auch bei den Gährungsgewerben das Bestreben der Producenten darauf gerichtet sein, die Nebenproducte und Abfallstoffe der zweckmäßigsten Verwerthung entgegen zu führen.

Dem im Vorstehenden Gesagten entsprechend soll unser Werk in folgende Theile zerfallen:

1. In die Lehre von den G ä h r u n g s e r s c h e i n u n g e n im Allgemeinen.

2. In die Lehre von den G ä h r u n g s g e w e r b e n, welche die Darstellung von zucker- und alkoholhaltigen Flüssigkeiten zum Ziele haben, und lassen sich diese in folgende Abtheilungen bringen:

A. Malzfabrikation: Darstellung von Körpern, welche fähig sind, in Alkohol überzugehen; — die Grundlage der

B. Fabrikation des Traubenzuckers,

C. der Bierbrauerei und der

D. Branntweinbrennerei.

E. Verwerthung der Nebenproducte, welche sich bei der Bierbrauerei und der Branntweinbrennerei ergeben (Fabrikation der Preßhefe).

F. Weinbereitung.

3. In die Lehre von den Gährungsgewerben, welche sich mit den aus Alkohol durch Gährung darstellenden Producten befassen (Essigfabrikation).

4. Verwerthung der Nebenproducte, die sich bei den verschiedenen Gährungsvorgängen ergeben (Verwerthung der Fuselöle und der Rückstände der Weinbereitung).

Wie schon an früherer Stelle erwähnt wurde, läßt sich der Begriff der gährungschemischen Gewerbe noch viel weiter fassen, und wären nach diesem die Fabrikation des Rohrzuckers und des Stärkemehls auch in den Kreis unserer Betrachtungen zu ziehen, weil Rohrzucker und Stärkemehl zu jenen Körpern gehören, die unter geeigneten Verhältnissen ebenfalls in Gährung versetzt werden können; ebenso ließe sich die Brotbereitung in die Reihe der Gährungsgewerbe einfügen, weil bei der Darstellung des Brotes sogar mehrere Gährungsvorgänge mitwirken; wir halten es aber am zweckmäßigsten, als die Aufgabe der Zymotechnik, die Darstellung der vorangegebenen Industriezweige zu betrachten, indem die Arbeiten, welche bei denselben vorgenommen werden, streng auf Vorgänge basirt sind, die wir als Gährungen im allgemeinen Sinne des Wortes zu bezeichnen gewöhnt sind.

Erster Theil.

Die Lehre von den Gährungserscheinungen und der Hefe.

[illegible] Teil.

Die Lehre von den [illegible] und der [illegible].

I. Gährung im Allgemeinen.

Alle chemischen Vorgänge beruhen darauf, daß bestimmte einfache Körper oder Verbindungen derselben in Wechselwirkungen treten und in Folge dessen neue Verbindungen gebildet werden. — Bekanntlich erfolgen die Umsetzungen immer nach ganz bestimmten unabänderlichen Verhältnissen und kann man z. B. aus bestimmten Mengen von Blei und Kohlensäure auch nur eine ganz bestimmte Menge von Bleiweiß darstellen. — Wir kennen aber eine Gruppe von chemischen Vorgängen, bei welchen sich scheinbar eine Abweichung von diesem Gesetze zeigt, — es hat den Anschein, als wenn die bloße Gegenwart eines Körpers genügt, um Mengen von chemischen Verbindungen zu zersetzen und in neue Körper überzuführen, welche die Gewichtsmenge des wirksamen Körpers um das tausend- und mehrfache übertreffen — und benennen diese Gruppe von Vorgängen mit dem allgemeinen Namen der Gährungserscheinungen.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß es einstens auch gelingen werde, diese Erscheinungen den allgemeinen chemischen Wirkungsgesetzen einzureihen und dürfte namentlich diese Zeit für jene Gährungserscheinungen, welche man als durch bestimmte chemische Verbindungen bedingt annimmt, gewiß nicht mehr ferne sein, indem gerade in den letzten Jahrzehnten die Erklärung vieler Vorgänge gegeben wurde, welche in ihrem Verlauf eine große Aehnlichkeit mit den Gährungsvorgängen zeigen.

Die neueste Zeit hat nun aber gelehrt, daß viele Gährungsvorgänge auf der Lebensthätigkeit von Wesen beruhen, welche zwar ihrem Körperbau nach sehr einfach organisirt sind, aber dennoch alle Functionen erfüllen, welche als Kennzeichen der Lebensthätigkeit zu betrachten sind: sie ernähren und vermehren sich. — Wenn wir uns auch immer wieder und wieder zu der Annahme gezwungen sehen, daß es bestimmte chemische Verbindungen, die von diesen lebenden Wesen produzirt werden, seien, welche die vergährende Wirkung ausüben, so wird doch die volle Erklärung dieser Art von Gährungsvorgängen schon dadurch ungemein erschwert, daß wir es mit der Thätigkeit eines lebenden Wesens zu thun haben, in welchem, so einfach organisirt dasselbe auch sein möge, dennoch eine große Zahl von chemischen Vorgängen stattfindet. Es ist bekanntlich mit den größten Schwierigkeiten verbunden, gewisse Stoffe, welche in lebenden Organismen ge-

bildet werden, aus diesen im reinen Zustande abzuscheiden und wachsen die Schwierigkeiten bei jenen Organismen, die wir als Ursache vieler Gährungserscheinungen zu betrachten haben, im riesigen Maße, weil die Organismen von ungemein geringer Größe und dabei von großer Empfindlichkeit sind, d. h. durch scheinbar sehr geringfügige Eingriffe in ihrer Lebensthätigkeit gestört werden können, ja selbst getödtet werden, wenn wir es unternehmen, gewisse Verbindungen, welche sie enthalten, für sich zu gewinnen. Der Forscher hat es dann in letzterem Falle nicht mehr mit einem lebenden Wesen, sondern mit einer Leiche zu thun und treten die Zersetzungsproducte, welche sich in letzterer bilden, der Untersuchung als neues Hinderniß entgegen.

Je nachdem bei den Gährungsvorgängen blos bestimmte chemische Verbindungen oder Organismen zur Wirkung kommen, können wir diese die Ursache der Gährung bildenden Körper als chemische oder organisirte Gährungserreger (Fermente) bezeichnen, eine Unterscheidung, welche aber in jenem Augenblicke fallen wird, in welchem uns der Nachweis gelingt, daß die Organismen, die wir jetzt noch in ihrer Ganzheit als die Ursache vieler Gährungsvorgänge auffassen müssen, schon dadurch wirken, daß sie bestimmte chemische Verbindungen ausscheiden, welche die Umsetzung gewisser Körper bedingen; von diesem Zeitpunkte an wird man die Grenze zwischen den chemischen und organisirten Fermenten fallen lassen müssen und fortan nur von chemischen Verbindungen als Gährungserreger sprechen können. —

Bevor wir uns der Besprechung der Gährungsursachen zuwenden, müssen wir aber trachten, uns Klarheit darüber zu verschaffen, was denn eigentlich unter dem Begriffe „Gährung" im Allgemeinen zu verstehen sei. — Wenn wir den Begriff in seiner weitesten Bedeutung fassen, so gelangen wir zu der Erklärung, daß unter Gährung eine Umlagerung der Atome einer bestimmten chemischen Verbindung oder eine Spaltung derselben in neue Verbindungen zu verstehen sei, welche durch die Mitwirkung eines Körpers, der entweder eine chemische Verbindung oder ein Organismus sein kann, bedingt wird.

Wir fühlen selbst nur zu deutlich, daß diese Definition des Begriffes Gährung eine unbeholfene und wenig klare ist, allein wir sind nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens nicht fähig, eine andere zu geben. Weit leichter ist es eine Erklärung des Begriffes „Gährung" zu geben, wenn wir uns blos auf die praktische Erörterung der Frage einlassen. — Der Praktiker versteht unter „Gährung" eine Reihe von eigenartigen Processen, durch welche er im Stande ist, aus gewissen chemischen Verbindungen andere darzustellen, die sich durch die Anwendung der gewöhnlich gebräuchlichen chemischen Hülfsmittel nicht gewinnen lassen. Für den Praktiker kommen nur jene Gährungserscheinungen in Betracht, welche diesem Zwecke dienen und welche er herbeizuführen bestrebt ist. Seinem Streben treten aber nicht selten Gährungsvorgänge hemmend entgegen, durch welche andere Producte gebildet werden, als er beabsichtigt und liegt schon hierin ein Fingerzeig dafür, daß es auch für den Praktiker nicht genügend sei, das Wesen des einen Gährungsvorganges, welchen er seinen Werken dienstbar machen

will, genau zu kennen, sondern daß es für ihn ein Gebot der Nothwendigkeit sei, auch jene Gährungserscheinungen zu kennen, welche störend auf den Verlauf der von ihm angestrebten Processe einwirken.

Wir führen schon an dieser Stelle an, daß es ein gewaltiger, leider aber sehr allgemein verbreiteter Irrthum ist, anzunehmen, daß bei einer mit einem bestimmten Namen bezeichneten Gährung auch in der That nur jenes Product gebildet werde, nach welchem der Gährungsvorgang benannt ist, daß z. B. bei der sogenannten geistigen Gährung nur Weingeist und nichts anderes entstehe. Es treten vielmehr neben dem Hauptproducte — dem in größter Menge entstehenden Körper — gewöhnlich eine ganze Reihe von anderen Verbindungen auf, deren Menge zwar eine sehr geringe ist, die aber trotzdem auf die Eigenschaften der vergohrenen Flüssigkeit von sehr tiefgreifendem Einflusse sind. — Es ist überflüssig, besonders darauf hinzuweisen, daß auch der Praktiker diesen Nebenproducten, eventuell Nebengährungen, die größte Aufmerksamkeit zuwenden muß, um so mehr, als oft ganz geringfügig scheinende Abweichungen im Verlaufe eines Gährungsprocesses das Entstehen dieser Nebenproducte veranlassen können.

Die Untersuchungen über die Gährungsvorgänge haben uns gelehrt, daß es eine größere Anzahl von Erscheinungen giebt, welche wir als „Gährungen" im eigentlichen Sinne des Wortes zu bezeichnen haben; die bei denselben stattfindenden Vorgänge bewirken das Entstehen dieser verschiedenen Körper, zeigen aber alle gewisse gemeinsame Merkmale, welche uns veranlassen, dieselben in die Reihe der Gährungserscheinungen zu stellen; demgemäß unterscheiden wir gegenwärtig eine größere Reihe von Gährungsarten, die wir nach den in Folge derselben auftretenden Hauptproducten als Alkohol-, Essig-, Milchsäuregährung u. s. w. bezeichnen können.

Die Lehre von den Gährungserscheinungen gehört unstreitig zu den schwierigsten Capiteln der Naturwissenschaft, indem sie nicht blos auf rein chemische Vorgänge zurückgeführt werden kann, sondern auch vielfach in andere Gebiete der Naturwissenschaft, namentlich, wie schon angedeutet wurde, in die Pflanzenkunde und Pflanzenphysiologie hinübergreift. Um dieselbe unseren Lesern möglichst klar darzustellen, wollen wir zuerst die Blicke derselben auf die Vergangenheit lenken und in kurzen Zügen die Anschauungen darstellen, welche sich die Naturforscher vergangener Zeiten über das Wesen der Gährungsvorgänge bildeten, um an der Hand der Geschichte bis zur Gegenwart zu gelangen. Die Darstellung der jetzt als richtig angenommenen Anschauungen über das Wesen der Gährungsvorgänge soll den Abschluß dieser geschichtlichen Darlegung bilden.

II. Ansichten über das Wesen der Gährung zu verschiedenen Zeiten.

A. Im Alterthume.

Die Kenntniß der Gährungserscheinungen reicht bei vielen Völkern bis in die vorgeschichtlichen Zeiten zurück und finden wir demnach viele Zweige der Gährungschemie schon in allgemeiner Anwendung zu einer Zeit, wo von einem Nachdenken über die Ursachen von Naturerscheinungen kaum eine Rede sein konnte. Schon der Umstand, daß die alten Culturvölker des Ostens entweder Könige, ja selbst Götter als die Entdecker der gegohrenen Flüssigkeiten angeben, läßt uns einen Schluß auf das ungemein hohe Alter der Kenntniß von den Gährungserscheinungen ziehen. So finden wir bei den Aegyptern Osiris, bei den Israeliten Noah, bei den Griechen Bacchus als den Entdecker der Gährungsvorgänge, bezugsweise der durch Gährungsvorgänge entstandenen Getränke genannt; bekanntlich ist es bei den deutschen Völkern ebenfalls eine der Sagenwelt angehörige Person, der König Gambrinus, welchem die Erfindung der Kunst, Bier zu brauen, zugeschrieben wird.

Wir können uns auf die Nennung der angegebenen Namen beschränken, um den Beweis zu liefern, daß die Kenntniß von den Gährungserscheinungen eine uralte sein müsse und wenden uns sogleich der Frage zu: Wann denn die Menschen eigentlich anfingen, sich mit dem Studium der Gährungserscheinungen zu befassen. Schon von vornherein müssen wir die Ansicht aussprechen, daß die absolute Lösung dieser Frage eigentlich nicht zu geben ist, denn wir können uns nicht denken, daß ein Mensch, welcher einmal den Verlauf eines Gährungsprocesses gesehen hat, durch denselben nicht zum Nachdenken angeregt wurde. Das Wesen der Gährungsvorgänge hat abweichend von vielen anderen chemischen Erscheinungen etwas Eigenthümliches, Geheimnißvolles an sich, daß wir der Ansicht sind, es müsse schon in sehr frühen Zeiten Menschen gegeben haben, welche ihre Aufmerksamkeit diesen Erscheinungen zuwendeten.

In der That finden wir daher schon in den ältesten Schriften, die bis auf unsere Zeiten gekommen sind, mancherlei Andeutungen, welche darauf hinweisen: daß mancherlei über die Gährungserscheinungen schon in sehr frühen Zeiten

bekannt sein mußte. Die alten Völker Kleinasiens und Nordafrika's verstanden nicht nur aus süßen Säften (Traubensaft) gegohrene Getränke darzustellen, sie wußten sogar aus solchen Substanzen, welche nicht direct in Gährung übergeführt werden können (Stärkemehl), gegohrene Getränke zu gewinnen und sie verstanden es, Brot mit Hülfe der Gährung zu bereiten; die Bibel giebt hierüber sichere Anhaltspunkte.

Es erscheint uns wenig wahrscheinlich, daß die Völker des Alterthums schon genauere Kenntniß über das Wesen der Gährungserreger im eigentlichen Sinne des Wortes gehabt hätten; ihre Kenntniß der Gährungserscheinungen ist wahrscheinlich durch den Zufall bedingt worden und ist es ja eine bekannte Sache, daß in heißen Klimaten die Gährungen mit überraschender Geschwindigkeit in solchen Flüssigkeiten auftreten, die hierzu die geeignete Beschaffenheit besitzen. Wir sehen übrigens bei einigen gegenwärtig noch auf einer sehr niederen Bildungsstufe stehenden Völkern der asiatischen Steppen und nach den Schilderungen von Reisenden auch im Inneren von Afrika ein eigenthümliches Verfahren, die Gährung einzuleiten, im Gebrauche. Die erwähnten Völker bereiten sich ein geistiges Getränk auf die Weise, daß sie Mais, Durrah, kurz solche Samen, die eine bedeutende Menge von Stärkemehl enthalten, kauen und das Gekaute in einer Schüssel vereinigt stehen lassen, bis es gegohren hat. So roh auch dieses Verfahren, die Gährung einzuleiten, erscheinen mag, deutet es doch schon darauf hin, daß diese Völker eine Ahnung davon haben müssen, daß die Gährung durch irgend eine äußere Ursache eingeleitet werden müsse und nicht ein ohne äußere Ursache stattfindender Vorgang sei. Die Kirgisen wissen ganz genau, daß die Milch, je nachdem man sie auf die eine oder die andere Art behandelt, entweder eine sauer schmeckende Flüssigkeit oder eine solche ergebe, die berauschend wirkt. ... Wie mich ein genauer Kenner Persiens versicherte, behandeln die Viehzüchter dieses Landes die Milch mit Körpern, die sie mit großer Sorgfalt bereiten, um erstere nach Belieben in die eine oder andere Gährung zu versetzen. Schon den alten Völkern war es bekannt, daß es genüge, Theile eines gährenden Körpers aufzubewahren und solchen Flüssigkeiten, die man in Gährung versetzen wollte, zuzufügen, um letztere ebenfalls gähren zu machen. Brot wurde auf diese Art schon von den alten Egyptern bereitet, so daß wir sagen können, die Kenntniß von der Wirkung der Gährungserreger reiche ebenfalls in die vorgeschichtlichen Zeiten zurück.

Die Kenntniß jener Stoffe, welche unmittelbar in Gährung übergehen können, war schon in alten Zeiten eine sehr allgemeine und finden wir bei den ältesten Völkern nicht nur die Kenntniß der geistigen Getränke, sondern auch solcher Produkte, die durch einen weitergehenden Gährungsprozeß der geistigen Getränke entstehen können; der Essig war schon den alten Culturvölkern wohl bekannt. Dioskorides thut schon des Zuckers genauere Erwähnung und schon zu Plinius' Zeiten war die Kenntniß von jenen Stoffen, die für die Gährungs-Chemiker von Wichtigkeit sind, so weit vorgeschritten, daß die Gewinnung der Stärke fabriksmäßig betrieben wurde.

Obwohl die Kenntnisse der Alten über die Gährung, was die praktische Seite anbetrifft, sehr weitergehende waren, so fehlen aus jenen Zeiten alle

theoretischen Anschauungen über das Wesen der Gährungsvorgänge; erst bei dem römischen Schriftsteller Plinius, der sich um die Sammlung der Naturkenntnisse seiner und der vorhergehenden Zeiten große Verdienste erworben hat, finden wir eine bestimmte Anschauung über die Gährung ausgesprochen und spricht dieser Schriftsteller ganz deutlich die Ansicht aus, daß bei der Gährung des Brotteiges ein saurer Körper mitwirke.

B. Ansichten im Zeitalter der Alchymie (von etwa 350 bis 1525 n. Chr.)

Nach den Römern waren es ganz vorzugsweise die Araber, bei welchen die Wissenschaft eine Heimstätte fand und haben sich gerade die arabischen Gelehrten so große Verdienste um die Erforschung der Naturerscheinungen erworben, daß wir heute noch über die vielfältigen Kenntnisse staunen müssen, welche diese Männer besessen haben. Schon im achten Jahrhunderte lehrte Geber genau die Darstellung der Essigsäure kennen und im elften Jahrhunderte finden wir schon bei Alzaharavius bestimmte Anhaltspunkte für die Abscheidung des Weingeistes aus gegohrenen Flüssigkeiten. Jenes Zeitalter war, wie es scheint, ganz vorzugsweise dem Versuch gewidmet, ohne daß man sich viel mit theoretischen Untersuchungen befaßte; letztere waren einem späteren Zeitalter der Entwickelung der chemischen Wissenschaft vorbehalten, das man als die Periode der Alchymie bezeichnete — ein Zeitalter der Irrthümer, das aber durch die ungeheure Menge von chemischen Thatsachen und Entdeckungen neuer Körper, welche seine Bestrebungen im Gefolge hatten, dennoch als ein für die Entwickelung der chemischen Wissenschaft höchst nutzbringendes bezeichnet werden muß.

Ebenso wie die Astrologie die Vorläuferin der Astronomie war, legte die Alchymie den Grundstein zu dem Lehrgebäude der chemischen Wissenschaft und finden wir bei den Alchymisten schon eine große Reihe von theoretischen Ansichten über das Wesen der Gährungserscheinungen ausgesprochen, welche aber die Frage von einem ganz besonderen Gesichtspunkte erfaßten. Die Endziele, auf welche alle alchymistischen Bestrebungen hinausliefen, waren Reichthum, ewige Gesundheit und Weisheit und suchten die Alchymisten diese Ziele durch die Entdeckung des Steines der Weisen zu erreichen. Dieses unbekannte Etwas, dessen Erreichung von Jedermann für möglich gehalten und dessen Erlangung von tausenden Menschen mit dem Aufwande der Arbeitskraft ihres ganzen Lebens angestrebt wurde, sollte die Eigenschaft haben, jedes Metall in Gold zu verwandeln, jede Krankheit augenblicklich zu heilen und dem glücklichen Besitzer Allwissenheit zu geben.

Jahrhunderte lang wendeten die Gelehrten aller europäischen Völker all' ihren Scharfsinn auf die Verwirklichung dieser Zwecke an und stellten tausende und aber tausende Versuche an, um sich denselben zu nähern; obwohl sie einem unmöglichen Ziele nachjagten, schufen sie dennoch Gutes, indem sie eine riesige Zahl von Thatsachen feststellten, welche später der Chemie als Wissenschaft reiche Mittel zum Aufbau ihres Lehrgebäudes gaben. Daß die merkwürdigen Erscheinungen der Gährung, die ihrem ganzen Wesen nach etwas geheimnißvolles

an sich tragen, die vollste Beachtung seitens der Alchymisten fanden, ist leicht begreiflich und finden wir in den alchymistischen Schriften der verschiedensten Zeiten so vielfach von Gährung die Rede, daß man meinen sollte, die Alchymisten hätten schon genaue Kenntnisse über diese Vorgänge besessen. Der Grundzug aller alchymistischen Schriften liegt aber darin, daß sich die Schriftsteller förmlich bemühten, das von ihnen Gelehrte mit einem Schleier des Geheimnisses zu umgeben, so daß es geradezu unmöglich erscheint, sich darüber klar zu werden, was die Alchymisten eigentlich unter „Gährung" oder „Fermentatio" verstanden. Daß bei der Gährung etwas Besonderes zur Wirksamkeit komme, war den Alchymisten wohl bekannt; sie sprechen bei der Erörterung vieler Vorgänge auf das bestimmteste die Anschauung aus, daß die Ursache derselben in einem „Fermentum" liege. Aber die Erklärung dafür, was ein Ferment sei, wird entweder ganz verschwiegen oder in solcher Weise gegeben, daß man sich kein Urtheil über die Anschauung bilden kann, die den Betreffenden beherrschte, als er gewisse Erscheinungen durch Fermente bedingt hinstellte.

Am Häufigsten finden wir noch den Begriff „Ferment" in dem Sinne angewendet, daß durch das Ferment eine Art Keimung hervorgebracht werde — oder man faßte denselben allgemein als etwas auf, dem die Kraft innewohne, eine Umwandlung (Transmututio) zu bedingen. In diesem Sinne sind auch die mit den verschiedensten geheimnißvollen Namen bezeichneten Körper aufzufassen, welche die Eigenschaft haben sollten, unbegrenzte Mengen von Blei oder Quecksilber in Gold zu verwandeln — diese Körper sollten die unedlen Metalle fermentiren machen — gleichsam den edlen Keim, der in ihnen schlummert, erwecken und zur Entwickelung bringen; das Ergebniß dieser Entwickelung war eine Veredlung der Eigenschaften des betreffenden Metalles: seine Umwandlung in Gold. Daß durch die Gährung eine Veredlung der Körper im Allgemeinen stattfinde, ist eine Anschauung, die sich durch lange Zeit hindurch erhalten hat und welche wir nicht blos bei den Alchymisten, sondern auch späteren Forschern wiederholt ausgesprochen finden.

Wie schon gesagt, zeichnen sich die Schriften der Alchymisten durch eine, vielleicht in vielen Fällen absichtliche Unklarheit aus und wird die Erhellung dessen, was sie eigentlich unter Gährung verstanden, noch dadurch wesentlich erschwert, als an Stelle des Ausdruckes Gährung noch andere gebraucht werden, die aber auch zugleich oft für Vorgänge, welche wesentliche Verschiedenheit von der Gährung zeigen, angewendet werden. Wir finden in vielen Fällen die Ausdrücke: Fermentatio (Gährung), Putrefactio (Fäulniß) und Digestio (längere Berührung zweier oder mehrerer Körper) abwechselnd gebraucht; vielfach begegnen wir auch dem Ausdrucke Fermentum als gleichbedeutend mit dem Begriffe Stein der Weisen selbst oder finden als Ferment einen Körper genannt, der zur Darstellung des Steines der Weisen dienen soll.

So unklar und auseinandergehend auch die Anschauungen der alchymistischen Schriftsteller über den Begriff des Fermentes sein mögen, so finden wir in ihren Aufzeichnungen dennoch das Gemeinschaftliche, daß das Ferment ein Etwas sei — ob Körper oder Kraft ist unentschieden — welchem die Fähigkeit Veränderungen

der Körper zu bewirken, zukomme. Schon Georg Ripley, ein englischer Mönch (geboren 1415, gestorben 1490), schrieb eine besondere Abhandlung über die Gährung, welche aber diesen Begriff nur im Sinne der Alchymie behandelt. Sein berühmter Nachfolger Basilius Valentinus — ein deutscher Mönch, welcher in der zweiten Hälfte des 15. Jahrhunderts (in Erfurt?) lebte, faßt den Begriff der Gährung als den eines Vorganges auf, welcher eine Reinigung der Körper bewirke und das Gute von dem Schlechten scheide und sucht seine Anschauung durch das Verhalten des Mostes und der Bierwürze bei der Gährung zu beweisen.

Mit der Wirksamkeit des Basilius Valentinus beginnt jene Periode, in welcher sich alle bedeutenderen Naturforscher — sie mögen nun noch alchymistischen Bestrebungen nachhängen oder sich der reinen Forschung zuwenden — mit der genaueren Betrachtung der Gährungsvorgänge beschäftigen.

Basilius Valentinus kann als der letzte unter den Alchymisten angesehen werden; die Kenntniß der Naturerscheinungen war zu seiner Zeit schon so weit vorgeschritten, daß man das zwecklose der alchymistischen Bestrebungen einsehen lernte und die Naturforscher ihre Aufmerksamkeit anderen Dingen zuzuwenden begannen, als der Transmutation der Metalle und der Entdeckung des Steines der Weisen. Es beginnt im zweiten Viertel des sechszehnten Jahrhunderts jene Richtung der Chemie, die man als das Zeitalter der medizinischen Chemie bezeichnen kann; das Streben der Chemiker, welche fast immer zugleich Aerzte waren, ging dahin, die Lebensvorgänge durch das Vorsichgehen von chemischen Prozessen zu erklären und wurde gerade den Gährungserscheinungen in diesem Zeitalter die größte Aufmerksamkeit gewidmet.

C. Ansichten im Zeitalter der medizinischen Chemie.

Libavius spricht (1595) den Satz aus, das Ferment müsse mit dem in Gährung zu versetzenden Körper verwandt sein und giebt dieser Schriftsteller schon bestimmte Verhältnisse an, unter welchen die Gährung eintreten könne; er lehrt, daß ein Körper, welcher in Gährung übergehen kann, immer flüssig oder doch fein vertheilt sein müsse, daß die Wärme einen Einfluß auf den Verlauf des Gährungsvorganges habe; seine Erkenntniß geht schon soweit, daß er den Ausspruch thut, daß Gährung und Fäulniß Vorgänge seien, welche mit einander Verwandtschaft zeigen — ein Ausspruch, welcher erst in unserer Zeit die volle Bestätigung fand.

In späterer Zeit wird den Gährungserscheinungen eine solche Wichtigkeit beigemessen, daß z. B. van Helmont in seinem 1648 veröffentlichten Werke die Behauptung aufstellt, daß jede (chemische) Veränderung eines Körpers durch Gährung bedingt werde und leitet er aus diesem Satze manche absonderliche Behauptungen ab, über welche wir gegenwärtig lächeln müssen, die aber doch den Beweis dafür liefern, daß schon zu jener Zeit die Wichtigkeit der Gährungsvorgänge allgemein anerkannt sein mußte. Van Helmont stellt z. B. die Blutbildung als durch Gährung bedingt hin, er ist der Ansicht, daß kleine Thiere

durch Gährung entstehen können und lenkt die Aufmerksamkeit auf die Thatsache, daß bei der Gährung (der Ausdruck Gährung gilt hier für jene Art der Gährung, die wir als geistige bezeichnen) ein Gas entwickelt werde. Er gelangte hierdurch zu dem Fehlschlusse, daß beim Uebergießen mancher Körper mit einer Säure ebenfalls Gährung stattfinde, weil sich hierbei ein Gas entwickelt. Helmont stellte den der jetzigen Anschauung überraschend nahekommenden Satz auf, daß aus dem Fermente bei der Gährung etwas in die gährungsfähige Substanz übergehe, welches sich in derselben entwickele, wie sich ein Samen in der Erde entwickelt und hierdurch die Gährung bedinge. Helmont erkannte auch, daß jenes Gas, welches bei der Gährung entsteht, von dem in der Flüssigkeit zurückbleibenden Weingeiste ganz verschieden sei und „daß dasselbe sich ohne Gährung als Kohle zeige." Die Natur des Gases, welches sich bei der geistigen Gährung entwickelt, wurde von Helmont noch nicht mit Bestimmtheit festgestellt.

Erst Sylvius de la Boë sprach mit Bestimmtheit (1659) die Ansicht aus, daß bei der Gährung eine Zerlegung stattfinde und daß dieser Vorgang mit dem Aufbrausen gewisser Körper, wenn man dieselben mit einer Säure übergießt, nichts gemein habe. Erst der französische Chemiker Nicolaus Lemery stellt eine theoretische Ansicht über das Wesen des Gährungsvorganges auf und giebt für dieselbe folgende Erklärung:

„Der frische Most berauscht nicht und ist es auch unmöglich, aus demselben Weingeist zu gewinnen; er erlangt aber durch die Gährung beide Eigenschaften, weil das essentiale Salz, welches der Most in großer Menge enthält, sich bei der Gährung verflüssigt. Dieses essentiale Salz ist im Moste an ölige Stoffe gebunden; beim Eintreten der Gährung strebt es, dieselben zu zertheilen; es durchdringt sie, theilt sie und verfeinert sie endlich soweit, daß sie zu Weingeist werden. Der Kraftaufwand, welchen das essentiale Salz hierbei machen muß, giebt sich durch das Aufkochen des Mostes und durch die später erfolgende Klärung des Weines zu erkennen; es findet eine Sonderung der gröberen von den zarteren Bestandtheilen statt; ein Theil der ersteren scheidet sich in Form von Schaum an der Oberfläche der gährenden Flüssigkeit oder in fester Form (als Weinstein) an den Wänden oder am Boden des Fasses ab; der Weingeist ist nichts Anderes als ein Oel, welches durch das sich bei der Gährung verflüchtigende Salz gereinigt und verfeinert wird."

Wenn wir auch die Theorie, welche Lemery über die Gährung aufgestellt, als ganz falsch bezeichnen müssen, so finden wir in derselben dennoch schon einen Gedanken mit voller Deutlichkeit ausgesprochen, welchen wir auch heute noch als richtig anerkennen müssen; Lemery faßt, wie aus der angeführten Stelle, die eine fast wortgetreue Wiedergabe seiner Ansichten enthält, die Gährung als eine Erscheinung auf, bei der in dem gährenden Körper eine Bewegung stattfindet, welche eine Trennung der Theile herbeiführt — eine Anschauung, die mit unseren gegenwärtig geltenden Ansichten über chemische Vorgänge vollkommen übereinstimmt.

Ein Zeitgenosse Lemery's, der deutsche Chemiker Becher, brachte die Anschauungen über das Wesen der Gährung um einen großen Schritt vorwärts.

Bis zu seiner Zeit war der Begriff Gährung oder Fermentation — es wurde meistens der letztere Ausdruck gebraucht — ein ungemein unklarer und verschwommener: man faßte die Gährung als die Aeußerung einer besonderen Lebenskraft auf, oder stellte sie als einen Reinigungsprozeß hin — als eine Erhebung aus einem niederen Zustand in einen besseren; erst Becher war es, welcher den Satz aufstellte, daß die Gährung und die Verbrennung gleichartige Vorgänge seien, daß das Eintreten der (geistigen) Gährung an das Vorhandensein von Zucker in der Flüssigkeit gebunden sei und daß Gährung und Fäulniß, obwohl in einem gewissen Zusammenhange stehend, doch als voneinander verschiedene Vorgänge aufgefaßt werden müssen. Da er bei der Betrachtung der Naturerscheinung hauptsächlich von dem Gesichtspunkte der Nützlichkeit oder Schädlichkeit derselben für die Zwecke der Menschen ausging, so erscheint uns der Schluß, zu welchem er bezüglich der Fäulniß und Gährung gelangt, begreiflich; Becher unterscheidet beide Vorgänge in der Weise, daß durch die Gährung die Körper verbessert, durch die Fäulniß aber verschlechtert werden.

Becher unterscheidet auch schon ganz bestimmt drei verschiedene Arten der Gährung: die Gasentwickelung, wie sie sich z. B. beim Vermischen von Lösungen kohlensaurer Salze mit Säuren zeigt (er nennt sie intumefactio, wohl gleichbedeutend mit dem von vielen seiner Vorgänger für dieselbe Erscheinung gebrauchten Ausdruck digestio); die zweite Art der Gährung, die eigentliche Gährung, ist die geistige, an welche sich die Essiggährung anschließt. Von großer Bedeutung für spätere erst in unser Jahrhundert fallende Arbeiten über die Gährung ist die Beobachtung Bechers, daß unversehrte Traubenbeeren nicht in Gährung übergehen und er erklärt diese Erscheinung aus dem Fehlen der Luft, obwohl er zugiebt, daß auch bei Luftabschluß Gährung vor sich gehen könne. Er kannte ferner die gährungshemmende Wirkung des Weingeistes und des Weinsteinsalzes. Willis, ein englischer Arzt und einer der Hauptvertreter der sogenannten jatrochemischen Richtung maß den Gährungserscheinungen eine ungemein große Wichtigkeit bei; nach ihm beruhen alle Lebensvorgänge auf gewissen Gährungserscheinungen und sind die Krankheiten auch nichts Anderes als Gährungen, welche von dem natürlichen Verlaufe abweichen. Er nahm als Ursache jeder Gährung ein Ferment an und stellte den Satz auf, daß das Wesen der Fermente darin liege, daß sie im Stande seien, die in ihnen thätige innere Bewegung auf andere Körper zu übertragen und dieselben hierdurch vergähren zu machen. Seiner Wesenheit nach ist dieser Satz bis in unsere Tage festgehalten worden und findet derselbe in der neuesten Zeit wieder seine Vertheidiger. Willis legte seine Theorie über die Gährungserscheinungen in einer eigenen Abhandlung, Diatribe de Fermentatione, nieder, welche im Jahre 1659 erschien.

D. Ansichten im Zeitalter der phlogistischen Theorie.

Ebenso wie wir Basilius Valentinus als den letzten der Alchymisten bezeichnen können, kann Willis als der letzte der Jatrochemiker genannt werden. Mit der Begründung der sogenannten phlogistischen Theorie durch den deutschen

Chemiker Stahl begann eine neue Periode der Naturforschung, deren Geist sich bis in unsere Tage erhalten hat. Man fing nämlich an, die Naturwissenschaft aus den Banden der Abhängigkeit und Dienstbarkeit zu lösen, in welchen sie bis dahin gelegen hatte. Während die Wissenschaft bei den Alchymisten dazu dienen mußte, die Bestrebungen nach der Auffindung des Steines der Weisen und das Goldmachen zu unterstützen, war sie in jener Periode, die wir als jene der medicinischen Richtung bezeichnen, blos als eine Gehülfin der Heilkunde betrachtet; dies war der Hauptzweck, welchen man bei allen Untersuchungen auf naturwissenschaftlichem Gebiete im Auge hatte.

Das große Verdienst Stahl's und seiner Schule liegt darin, daß sie die Naturforschung aus diesem Verhältnisse der Abhängigkeit befreiten und anfingen, die Naturerscheinungen blos in der Absicht zu studiren, um neue Wahrheiten aufzufinden — gleichgültig, ob dieselben den Zwecken der Menschen fördernd entgegen kommen oder nicht. Bevor wir auf die Anschauungen, welche sich innerhalb der phlogistischen Schule über die Gährung ausbildeten, eingehender sprechen, wollen wir in kurzen Worten die Theorie erläutern, welche der ganzen Schule den Namen gab. Stahl, der eigentliche Begründer der phlogistischen Theorie (Becher hatte derselben schon den Boden vorbereitet), nahm an, daß jeder brennbare Körper aus einer Verbindung eines einfachen Stoffes mit einem hypothetischen Körper bestehe, welchen er mit dem Namen Phlogiston bezeichnete; je reicher ein Körper an Phlogiston ist, desto energischer wird er verbrennen und ist die Kohle beispielsweise einer der an Phlogiston reichsten Körper. Beim Verbrennen der Körper entweicht das Phlogiston und hinterbleibt das Element. Dieser Theorie zufolge ist z. B. das Eisen eine Verbindung des Rostes mit Phlogiston, und treten die Eigenschaften des Rostes erst hervor, wenn das Phlogiston ausgetrieben wird oder — wenn nach unserer jetzt als richtig erkannten Anschauung das Eisen verbrannt wurde. Die Phlogistiker wußten ganz wohl, daß das Gewicht des dephlogistirten Körpers größer sei, als jenes des phlogistonhaltigen — trotzdem daß etwas entwichen sein sollte und zwar das hypothetische Phlogiston. Eine Annahme, wie man sie kaum kühner ersinnen kann, half über diesen Stein des Anstoßes hinweg: das Phlogiston sollte ein Körper sein, welcher eine negative Schwere besitzt, somit durch sein Bestreben, sich von der Erde zu entfernen, die Körper leichter macht und hierdurch bedingt, daß der reine Körper (das ist nach unserer Anschauung der verbrannte) ein größeres Gewicht besitze, als der mit Phlogiston verbundene.

Demjenigen, welcher an das vorsichtige Vorgehen der heutigen Naturforschung gewohnt ist und erwartet jedem ausgesprochenen Satze sogleich die unwiderlegbare Beweisführung für die Richtigkeit desselben folgen zu sehen, mag die Annahme eines mit negativer Schwere behafteten Körpers, wie es das Phlogiston sein sollte, als eine Ungeheuerlichkeit vorkommen — so groß aber auch der Irrthum ist, welcher mit der Aufstellung der phlogistischen Theorie verbunden war, bildet diese dennoch ein bedeutungsvolles Glied in der Entwickelungsgeschichte der chemischen Wissenschaft, indem sie als das letzte der alten Systeme angesehen werden kann, welches eine große Zahl von Anhängern gewann —

die aber schließlich Alle doch einsehen mußten, daß sie zu einer falschen Fahne geschworen hatten.

Die Ursachen der Gährung waren ein Gegenstand, welcher den Begründer der Theorie von der Existenz des Phlogistons auf das Lebhafteste beschäftigte und legte Stahl seine diesbezüglichen Anschauungen in einer besonderen Abhandlung nieder, welche den Titel: „Zymotechnia fundamentalis" (erschienen 1697 nach dem Tode Stahl's) führt. Die Anschauungen, welche Stahl in dieser Schrift entwickelt, sind eine so merkwürdige Mischung von Irrthümern und der Ahnung der Wahrheit, daß wir dieselben der Hauptsache nach vollinhaltlich anführen wollen; dieselben sind für uns von um so größerer Wichtigkeit, als gerade in unserer Zeit eine Theorie ausgebildet worden, welche unverkennbare Aehnlichkeit mit den von Stahl gelehrten Anschauungen besitzt — es ist dies jene Gährungs-Theorie, welche von Liebig aufgestellt würde.

Nach Stahl sind Gährung und Fäulniß analoge Vorgänge und ist die Gährung nur eine besondere Art der Fäulniß. Die Erklärung, welche er von dem eigentlichen Gährungsvorgange giebt — wir betonen hier abermals, daß unter Gährung immer jener Vorgang zu verstehen ist, welchen wir gegenwärtig als die geistige Gährung bezeichnen — läßt sich in folgende Hauptsätze zusammenfassen: Die Gährung ist eine innere Bewegung der Körper, welche bewirkt, daß die Bestandtheile derselben (Stahl bezeichnet die letzteren als Salz, Oel und Erde) von einander getrennt und in ihre Grundanfänge (den heutigen Elementen entsprechend) geschieden werden. In Folge der hierdurch eingeleiteten Bewegung treten aber wieder gewisse Grundanfänge zu neuen Körpern zusammen und entstehen neue Vereinigungen der Grundanfänge, die uns in Form der Gährungsprodukte erscheinen. Das Wasser, welches in der gährenden Flüssigkeit vorhanden ist, bildet den Träger und Vermittler dieser Umsetzungen. Stahl nimmt an, daß jeder gährungsfähige Körper aus kleinsten Theilchen (Molekülen) zusammengesetzt sei und daß sich die Moleküle in Folge der Gährung voneinander trennen und auf andere Art verbinden.

Daß sich die Erscheinung der Gährung durch eine Art von Ansteckung erklären lasse — daß es möglich sei, durch einen gährenden Körper einen gährungsfähigen (als welche Stahl ganz besonders Zucker, Mehl und Milch hinstellt) gleichfalls in Gährung zu versetzen, geht deutlich aus folgender Stelle hervor: „— Ein Körper, der in Faulung begriffen, bringt in einem anderen, von der Faulung annoch befreiten, sehr leicht die Verderbung zu Wege, ja es kann ein solcher, bereits in innerer Bewegung begriffener Körper einen annoch ruhigen, jedoch zu einer sothanen Bewegung geneigten sehr leicht in eine solche innere Bewegung hineinreißen. —„

Die Entstehung verschiedenartiger Gährungsprodukte aus einem und demselben zur Gährung geneigten Körper sucht Stahl dadurch zu erklären, daß sich die Theile, aus welchen jeder Körper nach seiner Anschauung zusammengesetzt ist, in verschiedener Menge aneinander lagern. Er nimmt in jedem Körper salzige oder saure — ölige oder brennbare und wässerige Theile an. Nimmt

der Gährungsvorgang eine solche Richtung, daß in dem neu entstandenen Körper die brennbaren Theile vorwalten, so bildet sich Weingeist, der also ganz bestimmt als ein Produkt der Gährung hingestellt wird, welches neu entsteht und nicht schon in dem gährungsfähigen Körper fertig gebildet vorhanden war und erst durch die Gährung in Freiheit gesetzt wurde. Die saure Gährung erklärt Stahl dadurch, daß sich das ölige Prinzip mit einer großen Menge von Säure vereinige und in Folge dessen letztere Qualität hervortrete.

Wenn auch gegenwärtig die Ansichten, welche Stahl über das Wesen der Gährungsvorgänge aussprach, nur mehr ein geschichtliches Interesse haben, so läßt sich doch nicht verkennen, daß sich in denselben schon gleichsam die Ahnung von der Existenz einfacher Körper und von kleinsten Theilen derselben zeigt, — wie denn überhaupt die phlogistische Schule gleichsam die Morgenröthe bildet, welche den nahenden Tag der chemischen Wissenschaft verkündet.

Die Anschauungen über das Wesen der Gährung, welche der Großmeister Stahl ausgesprochen, blieben auch bei seinen unmittelbaren Nachfolgern, unter welchen wir die bedeutendsten Namen finden, so ziemlich unangetastet, und sind die Variationen, welche von Seite der unmittelbaren Nachfolger Stahls in die Gährungstheorie gebracht wurden, ziemlich unwesentlicher Natur. Einer der hervorragendsten Nachfolger Stahls, der Niederländer Boerhave — als Arzt und Naturforscher gleich berühmt, stellt die Behauptung auf, daß nur Substanzen, welche pflanzlichen Ursprunges seien, zu gähren vermögen. — Thierische Körper sollen nach ihm ausschließlich durch den Fäulnißvorgang zersetzt werden, den er aber auch einer inneren Bewegung zuschrieb.

Die Theorie Stahl blieb beinahe achtzig Jahre lang unangefochten — erst einer der Vorläufer Lavoisier's, der deutsche Chemiker Wiegleb, trat denselben bestimmt entgegen ohne jedoch dahin zu gelangen, die festgewurzelte Autorität Stahl's zu stürzen. Wiegleb kehrte zu der veralteten Ansicht zurück, daß die Producte der Gährung schon in den gährungsfähigen Körpern fertig gebildet seien, und daß der Gährungsvorgang darin bestehe, daß diese Körper in Freiheit gesetzt werden.

Obwohl sich einige Chemiker damit beschäftigten, die Theorien Wiegleb's durch Versuche zu wiederlegen, richteten sich die Versuche der Chemiker über die Gährung nunmehr hauptsächlich auf die Natur des bei der Gährung entstehenden Gases und gelang es im Jahre 1766 dem englischen Chemiker Cavendish nicht nur den Nachweis zu liefern, daß das Gas, welches sich bei geistiger Gährung entwickelt, dasselbe sei, welches beim Uebergießen von Marmor mit einer Säure entweicht, sondern finden wir in den Arbeiten des genannten Forschers den ersten Versuch, die Mengen dieses Gases quantitativ zu bestimmen. Cavendish fand, daß sich bei der Vergährung von 100 Theilen Zucker 57 Percente Kohlensäure bilden; obschon diese Zahl unrichtig ist, so verdient sie doch als ein erster Versuch, das Wesen der Gährungsvorgänge durch Anwendung von Maaß und Gewicht zu ergründen, unsere volle Beachtung.

E. Ansichten seit der Begründung der neuen Chemie.

Mit dem Augenblicke, in welchem Lavoisier die Wage bei allen chemischen Versuchen in Anwendung bringen lehrte und zeigte, daß alle Körper aus einfachen Stoffen bestehen, die sich nach bestimmten unabänderlichen Gesetzen miteinander verbinden, stürzten alle Theorien, welche bis nun über chemische Vorgänge aufgestellt waren, zusammen und wurde auf den Trümmern derselben jenes Lehrgebäude der Chemie aufgeführt, das bis zur Gegenwart als das allein richtige anerkannt wird. Lavoisier's Arbeiten verbreiteten zum ersten Male ein helles Licht über die chemischen Vorgänge, welche bei der Gährung stattfinden; es gelang dem Scharfsinn dieses Forschers nicht nur den Nachweis zu führen, daß sich bei der geistigen Gährung aus dem Zucker Alkohol und Kohlensäure bilde, sondern er stellte sogar ganz bestimmte Zahlenverhältnisse auf, nach welchen die Bildung der genannten Körper vor sich gehen sollte. Daß diese Zahlen ziemlich weit von den richtigen abweichen, thut dem Ruhme Lavoisier's keinen Eintrag und haben wir nur zu bedenken, daß die Hülfsmittel jener Zeit, in welcher Lavoisier lebte, so unzureichende waren, daß wir eigentlich zur Bewunderung des Genies hingerissen werden, das mit solchen einfachen Mitteln, wie sie damals den Gelehrten zu Gebote standen, so Großes erreichte, wie Lavoisier.

Nachdem durch Lavoisier's Arbeiten die Natur der Körper, welche sich bei der Gährung bilden, klar gelegt worden war, und man durch Verbesserung der Untersuchungsmethoden zu immer genaueren Resultaten in Bezug auf die quantitative Zusammensetzung der Körper gelangte, wendeten sich die Chemiker wieder mit voller Energie dem Studium der Gährungsursache zu. Beinahe alle hervorragenden Chemiker unseres Jahrhundertes beschäftigten sich lebhaft mit diesem Gegenstande, und ist es mit vielen Schwierigkeiten verbunden, die verschiedenen Anschauungen klar von einander zu trennen.

Wenn wir es versuchen, dieses zu thun, so meinen wir hauptsächlich drei Momente hervorheben zu müssen, die uns als Marksteine für die Entwickelung der Theorie von den Gährungserscheinungen in unserem Jahrhunderte dienen können. Der einen Schule zufolge, — welche mit Fabroni 1787 beginnt und mit der Aufstellung jener Theorie 1839 — abschließt, die wir mit dem Namen des bedeutendsten Vertreters derselben als die Liebig'sche bezeichnen können und deren letzte Anhänger noch in unseren Tagen zu finden sind, kommt die Gährung dadurch zu Stande, daß sich die von einem leicht zerleglichen Körper ausgehende Bewegung auf den gährungsfähigen Körper überträgt und denselben in den Strom der Bewegung hineinzieht — eine Anschauung, welche mit jener älteren Chemie viel Gemeinsames hat.

Die zweite Epoche beginnt mit den — leider viel zu wenig beachteteten Untersuchungen Schwann's, welcher zuerst in unwiderlegbarer Weise den Nachweis führte, daß alle jene Vorgänge, die wir als Gährungen im gewöhnlichen Sinne des Wortes bezeichnen — im innigsten Zusammenhange mit der Entwickelung von lebenden Wesen stehen; vielleicht ließe sich dieser Zeitabschnitt als jener der Theorie von den organisirten Fermenten bezeichnen.

Die dritte Periode — die Zeit, in welcher wir leben ist jene, die sich damit beschäftigt, die Lebensbedingungen der organisirten Fermente und die in Folge derselben gebildeten Producte genau festzustellen und könnte diese Epoche mit dem Namen der physiologischen Gährungstheorien belegt werden.

Die werthvolle Quelle über die Geschichte der Gährungstheorien, welche zu verschiedenen Zeiten aufgestellt wurden — Kopp's Geschichte die Chemie — schweigt beinahe vollständig über die Wandlungen, welche diese Anschauungen in neuerer Zeit erfahren haben, und sind in fast allen diesbezüglichen Werken vom Jahre 1840 an nur mehr dürftige Nachrichten über die Fortentwickelung unseres Wissens über die Gährungserscheinungen zu finden — ein Mangel, welcher um so mehr in's Gewicht fällt, als gerade in unserer Zeit erst Positives über die Gährungsvorgänge erforscht wurde, und die genaue Kenntniß über die verschiedenen Arbeiten der letzten vier Jahrzehnte, welche auf die Gährung Bezug haben, allein dazu befähigt, sich ein Urtheil über den Werth neuerer Arbeiten auf diesem Gebiete zu verschaffen.

Wir halten es daher gerade für einen der wichtigsten Theile unserer Aufgabe, die Entwickelungsgeschichte der Lehre von der Gährung vom Anfange unseres Jahrhunderts bis in unsere Tage möglichst ausführlich zu geben, und beginnen anknüpfend an die Arbeiten Lavoisier's mit jenen Untersuchungen, welche in den letzten Jahren des vergangenen Jahrhunderts und zu Anfang des gegenwärtigen ausgeführt wurden.

Die Zeit von Fabroni bis zur Aufstellung der Theorie Liebig's.

Wenn wir die geschichtliche Reihenfolge in der Aufzählung der Anschauungen über die Gährung festhalten, so haben wir vorerst eine Arbeit Fabroni's zu erwähnen, welche im Jahre 1787 von der Florentiner Akademie preisgekrönt wurde. Fabroni entwickelte in dieser Abhandlung eine Gährungstheorie, nach welcher alle Gährungsvorgänge als rein chemische Prozesse aufzufassen sind. Er stellte den Satz auf, daß die Bierhefe dem Kleber des Getreides und anderen pflanzenleimartigen Stoffen gleich sei. Als Stütze seiner Theorie zeigte Fabroni, daß es in der That möglich sei, Zuckerlösungen durch Zugabe von Kleber in Gährung zu bringen und mußte in jener Zeit, in welcher man noch keine Ahnung davon hatte, welche Vorsichtsmaßregeln bei den Versuchen über die Gährung eingehalten werden müssen, wenn dieselben keine falschen Schlüsse veranlassen sollen, diese Beweisführung offenbar einen bedeutenden Eindruck machen und als die richtige Lösung der Gährungsfrage angesehen werden.

Fabroni, jedenfalls ein scharfsinniger Experimentator, stellte auch Versuche über die Erscheinung an, daß ganz unverletzte Früchte nicht in Gährung kommen und kam in Folge derselben zu dem Schlusse, daß nur dann Gährung eintreten könne, wenn das Ferment und der gährungsfähige Körper in unmittelbarer Berührung stehen, ein Satz, dessen Richtigkeit auch noch in unserer Zeit anerkannt wird. Wir finden überhaupt in der Untersuchung Fabroni's manches Wahre neben vielem Falschen. So war z. B. Fabroni der Meinung, daß die Kohlensäure,

welche bei der Gährung entwickelt wird, nicht aus dem vergährenden Körper, sondern aus dem Fermente stamme, welches die Gährung veranlaßt. Nach seiner Ansicht sollte der Alkohol in der vergohrenen Flüssigkeit erst während der Destillation entstehen — eine Ansicht, welche später von Meißner wieder aufgegriffen und erweitert wurde.

Die Arbeiten Fabroni's erregten die Aufmerksamkeit der gelehrten Kreise im hohen Grade und mag wohl der Umstand, daß Fabroni auch der Pariser Société philomatique Arbeiten über die Gährung vorlegte, dazu viel beigetragen haben, daß sich gerade viele französische Chemiker mit der Frage über die Ursachen der Gährung zu beschäftigen anfingen. Wenn wir einen Augenblick der geschichtlichen Darstellung vorgreifen, so können wir überhaupt sagen, daß von nun an die Lehre von den Gährungserscheinungen gleichmäßig von französischen und deutschen Gelehrten gepflegt wurde. Ein deutscher Chemiker (Schwann, auf dessen Arbeiten wir noch eingehend zurückkommen müssen) legte den Grund zu der gegenwärtig als richtig angesehenen Gährungstheorie — ein Franzose, Pasteur, bildete dieselbe weiter aus und in neuester Zeit sind es wieder deutsche Naturforscher (Brefeld, A. Mayer, Traube, Nägeli und Andere), welche sich um die Erforschung der Gährungsvorgänge bedeutende Verdienste erwarben.

Es ist begreiflich, daß die epochemachende Entdeckung Lavoisier's, daß der Sauerstoff die Ursache des Verbrennens sei, die allgemeine Aufmerksamkeit auf diesen Körper lenken mußte und erscheint daher auch der Versuch begreiflich, die Gährungserscheinungen mit der Wirksamkeit des Sauerstoffes in Verbindung zu bringen. Ein eigenthümlicher Zufall gab die Veranlassung dafür, daß man sich beinahe gedrängt fühlte, dem Sauerstoff die größte Bedeutung für den Gährungsvorgang beizumessen.

Es war nämlich zu jener Zeit die Conservirungsmethode Appert's erst durch kurze Zeit bekannt und man sah mit Staunen, daß sich solche Körper, welche sonst in kürzester Zeit zu Grunde gehen, unverändert aufbewahren lassen, wenn man sie luftdicht in geeignete Gefäße einschließt und einer Temperatur aussetzt, welche der Siedhitze des Wassers gleichkommt. Die Erklärung der conservirenden Wirkung wurde darin gesucht, daß der in das Gefäß eingeschlossene Körper allen Sauerstoff, welchen er in dem Gefäße vorfindet, verzehrt — chemisch bindet und hierdurch jede weitere chemische Action, somit auch die Gährung ausgeschlossen bleibt. Wir werden später sehen, daß diese Anschauung bis zu einem gewissen Punkte richtig ist, soweit es sich nämlich um das Mitwirken des Sauerstoffes bei den Gährungsvorgängen handelt. Thénard, welchem die Lehre von der Gährung Manches Wissenswerthe verdankt, legte seiner Gährungstheorie die Wirksamkeit des Sauerstoffes zu Grunde, indem er annahm, daß die Hefe dem Zucker Sauerstoff entreiße, und hierdurch seine Umwandlung in Alkohol und Kohlensäure bedinge. Obwohl sich neben Thénard auch noch viele andere Chemiker mit der Frage der Gährungsvorgänge beschäftigten, haben wir unter Allen keine bedeutende Erscheinung zu verzeichnen und können uns sofort zu den Untersuchungen Gay-Lussacs wenden, welche um so interessanter sind, als die analytischen Belege, welche von Gay-Lussac für die chemischen Prozesse gegeben

wurden, bis in unsere Tage Gültigkeit hatten und erst durch die Arbeiten Pasteur's ihre Berichtigung erfuhren.

Thénard hatte schon die Autorität der Ansichten Fabroni's erschüttert, indem er nachwies, daß gut gereinigter Kleber keine Gährung hervorzubringen im Stande sei, daß somit die Fabroni'sche Theorie wenigstens in dieser Beziehung irrthümlich sein müsse; Gay-Lussac hatte es hierdurch leicht, seiner Theorie allgemein Eingang uud Anerkennung zu verschaffen. Der Sauerstoff sollte nach derselben die einzige und ausschließliche Ursache der Gährung sein und führte Gay-Lussac überhaupt alle Erscheinungen, welche auf eine sogenannte freiwillige Zersetzung hindeuten — Verwesung, Fäulniß und Gährung — darauf zurück, daß irgend ein Körper, der nicht so fest zusammengesetzt ist, wie die anderen, mit welchen er in Berührung steht, durch den Einfluß des Sauerstoffes in Bewegung gesetzt werde und diese Bewegung den anderen mittheilt — dieselben gähren — respective verwesen oder faulen macht.

Gay-Lussac stellte mehrere Versuche an, welche nach dem damaligen Stande des Wissens eine unumstößliche Beweiskraft für die Richtigkeit seiner Theorie haben mußten. Das Wichtigste dieser Experimente bestand darin, daß man unverletzte Traubenbeeren in Gefäße einschloß, welche dann mit vollkommen luftfreiem Quecksilber angefüllt wurden; es trat unter diesen Umständen keine Gährung ein. Dieselbe begann aber sogleich, wenn man auch nur eine geringe Menge von absolut reinem Sauerstoff (wie er z. B. durch Zerlegen des Wassers mittels des galvanischen Stromes erhalten werden kann) in das Gefäß treten ließ.

Es ist einleuchtend, daß dieses Experiment scheinbar auf das schlagendste dafür sprach, daß die Ursache der Gährung nur in dem Sauerstoffe liegen könne und blieb dieser Versuch für die neueren Theorien immer ein Stein des Anstoßes, bis es, und zwar erst in neuerer Zeit, gelang, nachzuweisen, daß die Gährungsursachen schon an den unverletzten Traubenbeeren vorhanden waren aber erst durch die Zufuhr von Sauerstoff zur Wirksamkeit gelangen konnten.

Eine längst bekannte Thatsache unterstützte die Theorie Gay-Lussac's in ausgezeichneter Weise. Man wußte seit Jahrhunderten, daß die schwefelige Säure, welche sich beim Verbrennen des Schwefels an der Luft bildet, die Eigenschaft habe, das Eintreten der Gährung zu verhindern und selbst die lebhafteste Gährung in kürzester Zeit zu unterbrechen. Man wußte ferner schon zur Zeit Gay-Lussac's, daß die schwefelige Säure ein Körper sei, welcher sich sehr energisch mit dem freien Sauerstoffe der Luft verbinde und zog aus diesen Verhältnissen den scheinbar ganz naturgemäßen Schluß, daß es nur der Sauerstoff sein könne, in dessen kräftiger Wirkung die eigentliche Ursache der Gährung zu suchen sei. Es ist begreiflich, daß die Untersuchung über das Wesen der Gährung auch von den deutschen Chemikern die vollste Beachtung fanden und finden wir z. B. Trommsdorff mit diesem Gegenstande beschäftigt. Trommsdorff äußert sich über die geistige Gährung folgender Art: Alle organischen Körper sind weniger beständig und mehr der Veränderung unterworfen, als die unorganischen. Fast alle organischen Körper sind Zusammensetzungen von drei, vier oder mehr Ele-

menten, welche in der Verbindung untereinander das Gleichgewicht halten; aber verschiedene Umstände bewirken eine Störung dieses Gleichgewichtes, die Verwandtschaften der Elemente untereinander werden thätig und die zusammengesetzteren Verbindungen lösen sich in mehrere einfache auf — endlich erfolgt eine mehr oder weniger vollkommene Zersetzung des Körpers.

Wie aus dem Vorstehenden hervorgeht, ging Trommsdorff davon aus, daß die einfacher zusammengesetzten organischen Verbindungen eine größere Stabilität besitzen, als die höheren Atomcomplexe und läßt sich demnach die Ansicht dieses Chemikers ebenfalls auf die Wirkung von Molekularkräften zurückführen, obwohl er sich nicht über die Ursache äußert, welche eigentlich den Zerfall der höher zusammengesetzten Verbindungen in einfachere veranlassen soll.

Der französische Chemiker Fourcroy ist der Ansicht, daß eine bloße Störung des Gleichgewichtes in einer chemischen Verbindung genüge, um denselben zerfallen — respective vergähren zu machen; die Hefe ist ein Körper, welcher im Zerfallen begriffen ist; bringt man daher dieselbe mit solchen Körpern in Verbindung, die gleichfalls Neigung zur Zerreißung haben, so pflanzt sich letztere auf diesen Körper fort und bewirkt dessen Vergährung. Wie man sieht, ist in der Fourcroy'schen Gährungstheorie der Gedanke einer Uebertragung der Bewewegung oder wenn man will, die Ansicht ausgesprochen, daß der Gährungsvorgang als eine besondere Art der Ansteckung anzusehen sei.

Nach der von Kämtz ausgesprochenen Ansicht ist der Gährungsproceß ein durch Electricitätserregung bedingter Vorgang: der Zucker verhält sich der Hefe gegenüber negativ electrisch, während diese positiv electrische Eigenschaften zeigt; unter dem Einflusse der electrischen Spannung zerfällt der Zucker in die negativ-electrische Kohlensäure und den positiv-electrischen Alkohol. — Gegenwart von Säure wirkt auf den Gährungsproceß insofern mit günstigem Einfluß, als sie das Leitungsvermögen für die Electricität steigert.

Obwohl nun schon im ersten Viertel unseres Jahrhundertes mehrere Chemiker — sowohl Deutsche als Franzosen mit Ansichten hervortraten, nach welchen die Ursachen der Gährung in ganz anderen Körpern zu suchen sind, als in der Gegenwart des Sauerstoffes, obwohl selbst einer derselben — schon durch Versuche, deren scharfsinnige Ausführung auch noch in späten Tagen die Bewunderung erregen werden, auf das Bestimmteste nachgewiesen hatte, daß die Ursache der Gährungserscheinungen in der Thätigkeit von Organismen zu suchen sei, blieb dennoch die von Gay-Lussac aufgestellte und mit so vielem Glück verfochtene Gährungstheorie in der Wissenschaft in unbeschränktem Maße aufrecht erhalten. Wir glauben keinen Irrthum zu begehen, wenn wir sagen, daß die Nachklänge derselben beinahe bis in unsere Zeit herüber reichen, indem Liebig, der größte unter den Nachfolgern Gay-Lussac's noch im Jahre 1870 eine bedeutende Schrift veröffentlichte, in welcher er dafür eintrat, daß die Gährung ein rein chemischer Proceß sei.

Wenn wir vorläufig jene Periode, in welche die bahnbrechenden Untersuchungen Schwann's fallen, übergehen, um sie später im Zusammenhange mit den neuesten Anschauungen über das Wesen der Gährung darzulegen, können

wir den Zeitraum, welcher zwischen der Festigung der Gährungstheorie Gay-Lussac's und jener Liebig's verstrich, kurz abthun und begnügen uns für denselben anzuführen, daß sich — die wenigen Gelehrten, welche die Frage in einem neuen Lichte betrachteten, ausgenommen — die Anschauungen Gay-Lussac's allgemeiner Anerkennung und Verbreitung erfreuten.

In der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts waren es hauptsächlich zwei große Gelehrte, welche die chemische Wissenschaft mächtig forderten und mehr oder minder die öffentliche Meinung in chemischen Dingen beherrschten; wir haben kaum nothwendig, beizufügen, daß diese Männer Berzelius und Liebig waren. Während sich Berzelius die höchsten Verdienste auf dem Gebiete der Mineralchemie erwarb, kann Liebig als der Begründer der sogenannten organischen Chemie angesehen werden.

Es ist leicht einzusehen, daß sich diese Männer, welche man gleichsam als Führer aller Chemiker ihrer Zeit ansehen kann, nicht entschlagen konnten, die wichtigen Gährungsvorgänge in das Bereich ihres Nachdenkens zu ziehen und für dieselbe neue Theorien aufzustellen. Jeder von ihnen that dieses entsprechend jenen Anschauungen, welche er sich über das Wesen der Körper gebildet hatte — beide hielten jedoch daran fest, die Gährungserscheinungen streng nach jenen Gesetzen zu erklären, welche für alle chemischen Processe maßgebend sind, und haben wir demnach in den Gährungstheorien von Berzelius und Liebig wieder einen Versuch vor uns, diese Vorgänge den allgemeinen chemischen Wirkungsgesetzen anzupassen — entsprechend den Theorien, welche wir bis nun seitens der Chemiker der vergangenen Zeiten vorfinden.

Berzelius stand — entsprechend dem Stande der Wissenschaft zu seiner Zeit einer Fülle von Thatsachen gegenüber, für welche keine Erklärung aufzufinden war, die mit den chemischen Gesetzen in Einklang gebracht werden konnte; um wenigstens für das Unbegriffene ein Wort zu geben, erfand Berzelius die sogenannte Katalyse, d. h. eine besondere Kraft, welche gewisse Körper befähigen sollte, andere zu Veränderungen zu veranlassen, ohne selbst an denselben Theil zu nehmen. Mit Hülfe dieser Annahme war es nun ungemein leicht, eine Reihe von Vorgängen zu erklären, für welche die Chemie jener Zeit keine Aufklärung zu geben wußte.

Nach der Anschauung Berzelius' mußte in jeder gährungsfähigen Flüssigkeit ein Körper vorhanden sein, welcher ungemein kräftige katalitische Wirksamkeit besaß und bewirkte, daß sich große Mengen des gährungsfähigen Körpers unter seinem Einflusse zersetzten oder vergährten.

Wir sehen in der Annahme der Katalyse bei Gährung wieder eine Annäherung an die Theorien, welche von Chemikern des 17. Jahrhunderts aufgestellt wurden; der Unterschied liegt eigentlich nur darin, daß die älteren Naturforscher das unbekannte Etwas mit dem Namen der Lebenskraft bezeichneten, und Berzelius dieser Bezeichnung den Namen Katalyse substituirte; letzterer gab aber eben so wenig eine genügende Erklärung, als die Wirkung der vermeintlichen Lebenskraft eine solche geben konnte.

Den Fortschritten der Wissenschaft gelang es, Schritt um Schritt das große

Gebiet der katalytischen Vorgänge für sich zu erobern und bisher unerklärbare — katalytische — Processe in den Rahmen der Vorgänge einzufügen, welche sich durch das Walten der chemischen Kräfte erklären lassen. Mit diesen Nachweisen kam auch die Lehre von den katalytischen Kräften immer mehr außer Cours, und gegenwärtig ist sie allgemein beseitigt. — Sie hat nur mehr in der Geschichte der Wissenschaft Raum und zwar als ein Irrthum, dessen Quelle wohl darin lag, Erscheinungen, für welche die Kenntnisse der betreffenden Epoche nicht ausreichten, auf irgend eine Weise erklären zu wollen.

Die Gährungstheorie Liebig's von 1839—1870.

Von weit mächtigerem Einflusse auf die Anschauungen über das Wesen des Gährungsvorganges als es die katalytische Theorie Berzelius' gewesen, wurde die von Liebig aufgestellte Erklärungsweise, die im Jahre 1839 veröffentlicht wurde. Obwohl die Theorie Liebig's durchaus den Anspruch auf Originalität erheben kann und mit allen bis zur Zeit ihrer Veröffentlichung bekannt gewesenen chemischen Thatsachen gestützt wurde, so läßt sich in derselben dennoch eine gewisse Ideenverwandtschaft mit der von Stahl aufgestellten Ansicht über den gleichen Vorgang nicht verkennen. Liebig hatte schon zu jener Zeit, in welcher er diese Theorie veröffentlichte, einen bedeutenden Ruf als Chemiker erlangt und lag es ihm gewiß fern, sich mit fremden Federn schmücken zu wollen; wir sind aber der Ansicht, daß die unverkennbare Aehnlichkeit, welche seine Theorie mit jener Stahl's zeigt, leicht dadurch erklärt werden kann, daß sein Ideengang mit jenem Stahl's parallell lief, was offenbar das Zustandekommen von Schlüssen hervorrufen mußte, die Aehnlichkeit mit jenen haben, zu welchen der ältere Forscher gelangte.

Der Kern der Liebig'schen Theorie besteht darin, daß sowohl jener Körper, welcher die Ursache der Gährung bildet — das Ferment — als auch jener, welcher der Wirkung des letzteren anheim fällt, leicht zerleglich sei. Das Charakteristikum der als Ferment wirkenden Substanz liegt aber nach der Liebig'schen Anschauung gerade darin, daß dieselbe ein Körper sei, dessen kleinste Theile sich in einer lebhaften Bewegung befinden, welche sich an dem vollständigen Zerfall des Fermentes kundgibt, wenn dasselbe sich selbst überlassen bleibt. Gelangt nun ein solcher Körper, dessen Theile sich in der lebhaftesten Bewegung befinden, unter Verhältnissen, welche das Uebertragen der Bewegung begünstigen — z. B. in einer Flüssigkeit — mit einem solchen Körper in Berührung, der seiner Natur nach geneigt ist, sich zu zerlegen — z. B. Zucker — so ist die Folge davon, daß letzterer Körper von der Bewegung erfaßt und in einfachere aber fester zusammengesetzte Verbindungen zerlegt wird.

Wenn wir den Versuch machen, das Liebig'sche Thorem durch ein Gleichniß zu versinnlichen, können wir uns die Vorstellung machen, daß an einem Bergabhange ein Schneeflöckchen ins Rollen gerathe, welches ein anderes mit sich reißt, durch das die Bewegung wieder auf ein anderes übertragen wird, so daß zuletzt das Schneeflöckchen zur riesigen Lavine anschwillt, welche durch die riesige Zahl

der in Bewegung begriffenen Theile die mächtigsten Kraftwirkungen zu äußern im Stande ist. Der Zerfall auch der geringsten Menge des in Zerlegung begriffenen Körpers genügt, den Zerfall einer unbegrenzten Menge von Theilchen des gährungsfähigen Körpers zu veranlassen, und sehen wir in der Liebig'schen Gährungstheorie zugleich den geistreichen Versuch, die Thatsache zu erklären, daß eine unwägbare Menge des Fermentes genüge, um unbegrenzt große Mengen eines gährungsfähigen Körpers zur völligen Vergährung zu veranlassen.

Liebig führte eine ungemein große Zahl von chemischen Processen an, bei denen Vorgänge stattfinden, die sich ohne Schwierigkeit in dieselben Bahnen bringen lassen, in welchen er die Gährungserscheinungen zusammenfassen wollte, und werden wir noch Gelegenheit haben, einige dieser Vorgänge beispielsweise anzuführen. Mehr noch aber als diese Beispiele scheinen einige andere für die Anerkennung seiner Theorie durch einen verhältnißmäßig langen Zeitraum gewirkt zu haben. Es sind dies nämlich jene Erscheinungen, welche wir heutzutage unter der — freilich auch nicht unanfechtbaren — Bezeichnung der Gährungen, veranlaßt durch die Thätigkeit der chemischen Fermente, zusammenfassen, ohne sie jedoch in eine Kategorie mit den eigentlichen Gährungsvorgängen zu stellen. Es bedurfte nach Liebig noch gewaltiger Anstrengungen Seitens der Chemiker, um den scheinbar unentwirrbaren Knäuel, in welchen die einzelnen Wahrheiten über die Gährungsvorgänge verschlungen waren, zu entwirren und selbst jetzt, wo, Dank den mühevollen Arbeiten der neueren Naturforschung, der Begriff Ferment wenigstens in zwei ziemlich scharf von einander abgegrenzte Theile geschieden ist, stehen wir in Bezug auf die Ursachen der Gährung noch manchen ungelösten Fragen gegenüber.

Liebig faßt jene Körper, welche als eigentliche Fermente wirken, gleichsam als Ansteckungsstoff auf, welche ihre Thätigkeit in ungemein kurzer Zeit auf eine außerordentlich große Menge anderer Körper zu übertragen im Stande sind und bediente er sich mit besonderer Vorliebe der vielen explosiven Körper zu den diesbezüglichen Vergleichen. Wie diese in Bezug auf die Verbindung ihrer Theilchen so geringe Festigkeit zeigen, daß mäßige Erwärmung — selbst ein schwacher Stoß — kurz eine ganz geringe Erschütterung der Theile genügt, um die ganze Verbindung mit außerordentlicher Raschheit zerfallen zu machen — so sollte das Gleiche auch mit den gährungsfähigen Körpern der Fall sein, in welchen die Atome gleichfalls nur durch die Kraft der Trägheit (des Bestrebens, in dem Zustande, in welchem sie sich eben befinden, zu verharren) zusammen gehalten werden.

Die Theorie, welche Liebig, gestützt auf diese Voraussetzungen, entwickelte, läßt sich in ihren Grundzügen kurz auf die nachstehenden Sätze zurückführen, denen wir noch die Bemerkung vorausschicken, daß Liebig vorzugsweise die geistige Gährung in's Auge faßte und erst später, als sich die Nothwendigkeit herausstellte, neben dieser Art der Gährung noch anderweitige Gährungsvorgänge anzunehmen, auch diesen seine Aufmerksamkeit zuwendete und dieselben gleichfalls als in den Kreis seiner Theorie gehörig darzustellen suchte.

Die gährungsfähigen Körper — allen voraus der Zucker, sind Substanzen,

welche nur eine relativ geringe Beständigkeit haben; Liebig erinnert zuvörderst an die leichte Zerleglichkeit des Zuckers unter solchen Verhältnissen, in welchen nur rein chemische Processe auf denselben einwirken können. Neben dem Zucker muß sich in der Flüssigkeit, welche vergähren soll, eine organische Substanz vorfinden, die noch leichter zerleglich ist, als Zucker und als Ferment oder Gährungserreger wirkt. Die Hefe ist ein Körper von solcher Beschaffenheit, welcher, sich selbst überlassen, ungemein leicht in Fäulniß übergeht. Dieser stickstoffreiche Körper beginnt nun in der Flüssigkeit zu zerfallen und überträgt dabei die in ihm stattfindende Molecular-Bewegung auf den Zucker, der sich in zwei Körper spaltet, die einen festeren Verband der Atome zeigen und in Folge dessen keine weitere Veränderung erleiden können. Die Gährung ist also nach Liebig eigentlich ein Verwesungsvorgang, welcher aber durch einen Fäulnißproceß eingeleitet werden soll.

Unserem jetzigen Wissen zufolge müssen wir die Unhaltbarkeit dieser Theorie leicht einsehen; wir dürfen aber dabei nicht vergessen, daß wir gegenwärtig, Dank den neueren Arbeiten über die Gährung, auf einen Standpunkt angelangt sind, welcher einen weiten Ueberblick über diese Erscheinungen gestattet. Zu jener Zeit aber, in welcher Liebig seine Theorie aufstellte, waren die analytischen Untersuchungen über die Zusammensetzung der Hefe noch beinahe in den ersten Anfängen und lagen einige falsche Behauptungen vor, welche aber trefflich zur Stützung der Liebig'schen Theorie dienen konnten.

Die wichtigste von diesen Stützen lag darin, daß nach Döbereiner aus der Hefe während des Processes der Gährung Ammoniak — somit ein bei der Fäulniß auftretender Körper gebildet werde und daß sich die Hefe während der Gährung vermindere. In den beiden eben angeführten Sätzen ist Wahres mit Falschem vermischt; beide Erscheinungen können sich allerdings in einer gährenden Flüssigkeit zeigen — der Gährungsproceß ist aber dann ganz bestimmt ein solcher, welcher einen ganz unrichtigen Verlauf nimmt.

Eine jedenfalls merkwürdige Erscheinung bei einem so scharfsinnigen Beobachter, wie Liebig war, liegt darin, daß er sich ganz über die Beschaffenheit der Hefe als organisirten Körper hinwegsetzte und die Organisation geradezu als etwas Nebensächliches erklärte, das mit dem eigentlichen Gährungsvorgange nicht das Geringste zu thun habe. Es erscheint kaum möglich, daß der große Meister auf dem Gebiete der Naturforschung nicht die Wahrnehmung gemacht haben könnte, daß die Bildung dieser organischen Wesen mit dem Verlaufe der Gährung in unmittelbarem Zusammenhange stehe und wir können uns die gänzliche Nichtbeachtung, welche er diesem Faktum zu Theil werden ließ, nur dadurch erklären, daß er demselben geflissentlich aus dem Wege ging, weil es eine große Gefahr für seine Theorie in sich schloß.

Die Thatsache, daß Essig unter solchen Bedingungen entstehen könne, welche von vornherein die Mitwirkung jedes Organismus ausschließen, wurde von Liebig, wie sich leicht denken läßt, für seine Theorie auf das Beste benützt und die Essiggährung — überhaupt alle mit dem Namen Gährung bezeichneten Erschei-

nungen auf dieselbe Art erklärt, wie dieses für die geistige Gährung gethan worden war.

Länger als dreißig Jahre hindurch versuchte Liebig seine Theorie zu erhalten und wahrlich erstaunlich ist der Scharfsinn, mit welchem er die mit immer größer werdender Beweiskraft auftretenden neuen Gährungstheorien zu bekämpfen und seiner eigenen Anschauung das Feld zu behaupten trachtete. Noch im Jahre 1870 veröffentlicht Liebig eine größere Arbeit über diesen Gegenstand: Ueber die Gährung und die Quelle der Muskelkraft, in welcher er seine Theorie aufrecht zu erhalten suchte — ein Unternehmen, welches aber selbst einem so allseitig anerkannten Gelehrten, wie Liebig war, nicht mehr gelingen konnte, indem die neueren Anschauungen von so zwingender Wahrheit waren, daß Jeder, welcher nicht unbedingt selbst Partei in der Sache war, die Liebig'schen Sätze als nicht mehr annehmbar erklären mußte.

Mit Liebig schließt wohl jene Zeit ab, in welcher man die Gährungserscheinungen als rein chemische Processe betrachtete; wenn die Naturwissenschaften einmal soweit gediehen sein werden, daß wir in den Stand gesetzt sind, die Lebenserscheinungen einfacher gebauter Organismen vollständig auf chemische Processe zurück zu führen, wird die Gährungstheorie wieder in gewissem Sinne eine solche werden, welche sich auf rein chemische Processe stützt und wird der Unterschied zwischen dieser Theorie der Zukunft und der älteren Anschauungsweise aber darin liegen, daß die neue Theorie die Mitwirkung von Organismen anerkennen wird, welche zur Veranlassung gewisser chemischer Processe unumgänglich nothwendig sind.

Die Epoche der Untersuchungen von Schwann.

Wir haben schon an früherer Stelle darauf hingewiesen, daß die Untersuchungen, welche der deutsche Chemiker Schwann über die Ursachen der Gährung anstellte, von größter Bedeutung für die gegenwärtig als richtig anerkannte Lösung dieser Frage sind und müssen wir dieselben etwas ausführlicher besprechen, weil sie gleichsam den Wendepunkt bilden, der den Sturz der alten und den Sieg der neueren Anschauungen bedeutet.

Ehe wir aber auf die Untersuchungen Schwann's selbst übergehen, müssen wir wieder auf vergangene Zeiten zurückgreifen, um zu zeigen, wie sich die von Schwann behaupteten Thatsachen gleichsam beinahe anderthalb Jahrhunderte lang vorbereiteten, bis sie in den Arbeiten dieses Chemikers ihren wissenschaftlichen Ausdruck fanden.

Es ist eine vielfach bekannte Sache, daß schon im Jahre 1680 Leuwenhoeck die wichtige Beobachtung machte, daß die Bierhefe aus kugelförmigen Körpern bestehe. Diese Thatsache steht fest — aber man darf an dieselbe keine weitergehenden Folgerungen anschließen. Jeder, welcher die Beschaffenheit der Mikroskope kennt, die zu Zeiten Leuwenhoeck's dem Forscher zu Gebote standen, muß anerkennen, daß es schon von aufmerksamer Beobachtung zeigt, die eigenthümliche Gestalt der Hefe — wenigstens in ihren Umrissen mit Hülfe so unvoll-

kommener Instrumente zu erkennen; von einer weitergehenden Beobachtung konnte keine Rede sein und ist der Irrthum ganz wohl zu entschuldigen, daß Leuwenhoeck keinen Unterschied zwischen den Körnern des Stärkemehles und jenen der Hefe zu machen im Stande war. Die Beobachtung Leuwenhoeck's hat daher für uns insofern Werth, als sie als der erste Anstoß zur späteren Erkenntniß über das Wesen der Hefe werden konnte.

Thénard hatte schon zu Beginn unseres Jahrhunderts den Ausspruch gethan, daß die Hefe animalischer Natur sei — dieser Ausspruch bezog sich aber durchaus nicht auf die Organisation der Hefe, von der Thénard Nichts wußte, sondern auf rein chemische Verhältnisse. Er erkannte nämlich die Hefe als einen Körper, welcher sehr reich an Stickstoff ist und nahm an, daß derselbe in Bezug auf seine chemische Zusammensetzung Aehnlichkeit mit manchen dem Thierreiche entstammenden Körpern besitze.

Erst der deutsche Chemiker Erxleben sprach ganz bestimmt die Ansicht aus, daß die Hefe ein pflanzlicher Organismus sei, welcher als die Ursache der Gährung angesehen werden müsse. Obwohl nun dieser Ausspruch eigentlich die gegenwärtig herrschende Gährungstheorie umschließt, blieb er dennoch unbeachtet und bedurfte es beinahe der Arbeit eines halben Jahrhunderts, um die Richtigkeit desselben zu beweisen.

Im Jahre 1822 untersuchte Persoon die sogenannte Kahnhaut mit Hülfe des Mikroskopes und erkannte, daß dieselbe aus Organismen von ungemein geringer Größe zusammengesetzt sei, welche eine unverkennbare Aehnlichkeit mit jenen besitzen, die man in der Hefe antrifft. Daß schon in jener Zeit die Aufmerksamkeit der Gelehrten immer mächtiger auf die Organismen hingelenkt wurde, welche sich in gährenden Flüssigkeiten vorfinden, beweisen auch die Arbeiten Desmazières', welcher im Jahre 1825 die Hefe mit Hülfe des Mikroskopes studirte und dabei auch einen mit dem Kahn verwandten Organismus entdeckte.

Desmazières nahm die Organismen, die er in der Hefe erkannte, als zu den Thieren gehörig an; die Botaniker scheinen aber schon einige Zeit vorher die Hefe als eine Pflanze betrachtet zu haben — daß diese Forscher die chemischen Verhältnisse außer Acht ließen, ist leicht begreiflich.

Erst im Jahre 1835 gelangte die beinahe völlig vergessene Ansicht Erxleben's wieder zur verdienten Anerkennung, indem beinahe gleichzeitig und völlig von einander unabhängig ein französischer und ein deutscher Chemiker den Ausspruch thaten, daß die Hefe ein organisirter Körper und die Ursache der Gährung sei. Cagniard de Latour stellte im Jahre 1835 ganz bestimmt den Satz auf: die Hefe ist eine Pflanze und die Veranlassung der Gährung. Es kann als ein Nachklang der alten besonders von französischen Gelehrten entwickelten Gährungs-Theorie angesehen werden, daß Cagniard sich nicht unbedingt von der älteren Anschauung lossagte, sondern auch dem Sauerstoffe noch die Fähigkeit einräumte, unter gewissen Umständen als Gährungserreger zu wirken.

Ganz kurze Zeit nach Cagniard de Latour, im Jahre 1838, untersuchte Turpin die Bierhefe mittelst des Mikroskopes und gelangte ebenfalls zu dem

Schlusse, daß dieselbe ein Organismus sei, dessen Lebensvorgang mit der Gährung in Zusammenhang stehe; es ist aber dieser zwar an sich richtigen Behauptung kein entscheidender Einfluß für die Entwickelung der Lehre von den Gährungsvorgängen beizumessen, indem sich Turpin ausschließlich auf die mikroskopische Untersuchung der Hefe beschränkt. In Deutschland traten um dieselbe Zeit Kützing und Mitscherlich auf Grund selbstständiger Beobachtungen mit der Ansicht auf, daß die Bierhefe ein Organismus sei und mit dem Gährungsvorgange im Zusammenhange stehe.

Es ist zwar festgestellt, daß Cagniard de Latour seinen Satz über die Gährungsursachen früher aufstellte als dies Schwann gethan hatte; wir heben aber hier nochmals hervor, daß beide Forscher völlig unabhängig zu dem gleichen Ergebnisse gelangten. Wenn wir aber trotz dieser beinahe gleichzeitigen Aufstellung derselben Theorie den weitaus größeren Theil des Verdienstes auf Seite Schwann's stellen, so hat dies seine Begründung darin, daß dieser Forscher sich nicht blos damit begnügte, den Lehrsatz auszusprechen, sondern daß er für denselben so viele Beweise vorbrachte, die als unwiderlegliche angesehen werden können. Viele Jahre nach der Veröffentlichung der von Schwann gemachten Beobachtungen und Versuche sehen wir dieselben beinahe ganz in derselben Weise von Pasteur wiederholt und zwar mit den gleichen Ergebnissen und erst dem letztgenannten Forscher blieb es vorbehalten, seine Anschauungen allgemein anerkannt zu sehen.

Für die Wissenschaft ist es zwar ganz gleichgültig, wer das eine oder das andere Gesetz aufgefunden hat, nicht aber für die Geschichte der Wissenschaft — und mit Bezug auf letztere müssen wir unbedingt Schwann als den Begründer der neuen Gährungstheorie ansehen.

Zur Zeit, in welcher Schwann seine Untersuchungen ausführte, war es besonders eine wichtige physiologische Frage, welche die Naturforscher auf das lebhafteste beschäftigte und welche darin gipfelte, ob es möglich sei, daß aus chemischen Verbindungen neue Organismen entstehen können. Diese Frage nach der Möglichkeit der Urzeugung trennte die Gelehrtenwelt in zwei große Parteien, von denen die eine eben so lebhaft die Möglichkeit einer Urzeugung leugnete, als die andere für eine solche eintrat. Es ist begreiflich, daß sich die Versuche über diesen Gegenstand gerade auf die einfachsten Organismen, die wir kennen, erstreckten und gehören die in gährenden Flüssigkeiten auftretenden Wesen zu jenen, deren Körperbau höchst einfach ist — diese bildeten demnach ein ausgezeichnetes Material für die betreffenden Untersuchungen.

Die Untersuchungen von Schwann waren eigentlich darauf gerichtet, zu einer Entscheidung über die Möglichkeit oder Unmöglichkeit einer Urzeugung zu gelangen und benutzte derselbe daher zu seinen Arbeiten vorzugsweise solche Flüssigkeiten, in welchen sich ohne äußeres Hinzuthun Organismen entwickeln; derartige Flüssigkeiten sind aber ganz besonders Traubenmost, Bierwürze, Milch, kurz alle jene Flüssigkeiten, welche große Geneigtheit haben, in Gährung oder in Fäulniß überzugehen.

Schwann bestrebte sich vorerst, festzustellen, ob der Sauerstoff wirklich jenen Einfluß auf leicht zerlegbare Körper nehme, welchen man diesem Körper seit der

Aufstellung der Gay-Lussac'schen Theorie über die Ursachen der Gährung zuerkannte. Es gelang ihm, den schlagenden Beweis dafür zu liefern, daß sich der Sauerstoff diesen Körpern gegenüber ganz unwirksam erweise, und daß es genüge, die mit überschüssigem Sauerstoff in ein Gefäß eingeschlossenen gährungsfähigen Körper bis auf die Siedehitze des Wassers zu erwärmen, um das Eintreten jeder Gährung hintanzuhalten. Mit diesem Versuche war der Beweis erbracht, daß die Gay-Lussac'sche Ansicht: der Sauerstoff sei die eigentliche Ursache der Gährung, nicht richtig sein könne.

Schwann bemühte sich nun, durch Vervielfältigung seiner Versuche zu einem entscheidenden Ergebnisse zu kommen und gelangte zu der weiteren wichtigen Entdeckung, daß es genüge, ganz reinen Sauerstoff — respective Luft zu den gährungsfähigen Flüssigkeiten treten zu lassen, um dieselben in unverändertem Zustande zu erhalten. Er ersetzte die mit den gährungsfähigen Körpern eingeschlossene Luft, welche mit denselben bis auf die Siedehitze des Wassers erwärmt worden war, durch neue Luft, die aber vorher durch ein glühendes Rohr streichen mußte. Die Flüssigkeiten blieben aber auch in diesem Falle frei von jeder Gährung — sie geriethen aber binnen kurzem in regelrechte Gährung, wenn man den Versuch in der Weise abänderte, daß gewöhnliche Luft, nicht geglühte, zugeführt wurde. Das gleiche Ergebniß zeigte sich auch, wenn man die Gefäße, in welche seit längerer Zeit gährungsfähige Körper mit Luft eingeschlossen und bis auf die Temperatur des siedenden Wassers erhitzt worden waren, öffnete und reine Luft eintreten ließ.

Die angedeuteten Versuche mußten nothwendiger Weise zu dem Schluß führen, daß es nicht die Luft — respective der Sauerstoff — sein könne, den man als die Ursache der Gährung anzusehen habe, sondern daß die Luft nur das Mittel sei, durch welches die eigentliche Ursache der Gährung in die Flüssigkeiten gebracht wurde. Schwann schloß aus dem Verhalten der geglühten oder blos bis auf 100 Grad erhitzten Luft, daß jene Körper, welche von der Luft getragen und in den gährungsfähigen Flüssigkeiten fortentwickelt werden, Organismen sein müßten, und daß die Gährung solcher Flüssigkeiten aus dem Grunde nicht erfolgen könne, wenn man die Luft erhitzt, weil die Organismen durch die Einwirkung der Hitze getödtet werden.

Schwann untersuchte auch gährenden Weinmost und entdeckte in demselben die Gegenwart von organisirten Körpern, welche mit jenen, die sich in der Bierhefe vorfinden, die größte Aehnlichkeit zeigten. Die Untersuchungen dieses Forschers gaben ihm die vorerwähnten neuen Resultate; wie weitgehend aber der Forscherblick Schwann's war, zeigt sich deutlich aus seinen Bemerkungen über die Lebensbedingungen der Gährungsorganismen, die er in folgender Weise zum Ausdrucke bringt:

„Der Zusammenhang zwischen der Weingährung und der Entwicklung des Zuckerpilzes ist also nicht zu verkennen, und es ist höchst wahrscheinlich, daß letzterer durch seine Entwickelung die Erscheinungen der Gährung veranlaßt. Da aber zur Gährung außer dem Zucker ein stickstoffhaltiger Körper nothwendig ist, so scheint es, daß dieser ebenfalls eine Bedingung zum Leben jener Pflanze

ist, wie es denn an und für sich sehr wahrscheinlich ist, daß jener Pilz Stickstoff enthält.“

Bis zu diesem Punkte sind die Untersuchungen Schwann's absolut bis in unsere Zeit richtig, und blieb es der außergewöhnlichen Geschicklichkeit Pasteur's im Experimentiren vorbehalten, dieselben unwiderleglich zu beweisen. Nachdem Schwann einmal festgestellt hatte, daß die Gährung nur unter Mitwirkung von Organismen stattfinden könne, trachtete er das Wesen dieser Organismen näher zu begründen. Er bediente sich hierbei zwar keiner Mittel, welche vollkommen feststehende Resultate liefern konnten, gelangte aber trotzdem zu einem richtigen Schlusse und erklärte die bei der (geistigen) Gährung thätigen Organismen als Pflanzen, — als welche sie noch gegenwärtig angesehen werden.

Um festzustellen, ob die bei der Gährung zur Entwicklung gelangenden Organismen Pflanzen oder Thiere seien, bediente sich Schwann des Verhaltens gewisser Gifte und ging dabei von der Ansicht aus, daß Pflanzen nicht durch Pflanzengifte, wohl aber durch Mineralgifte getödtet werden können, während Thiere durch beide Arten von Giften zu Grunde gehen. Gestützt auf die Wahrnehmung, daß selbst eine bedeutende Menge Strychnin der Entwickelung der Hefe-Organismen keinen Eintrag thut, während dieselben jedoch schon durch kleine Mengen von Arsenik getödtet werden, kam er zu dem Schlusse, daß die Gährungsorganismen zu den Pflanzen gezählt werden müssen.

Wir wissen gegenwärtig, daß diese Untersuchungsmethode durchaus nicht ausreichend ist, um mit Sicherheit eine Entscheidung darüber zu fällen, ob ein niederer Organismus zu den Pflanzen oder zu den Thieren gezählt werden muß; aus den später vorgenommenen Untersuchungen Quevenne's über diesen Gegenstand ergab sich vielmehr die Thatsache, daß gerade die Hefe eine ganz merkwürdige Widerstandsfähigkeit gegen arsenige Säure besitze. Vorläufig sind diese Einwürfe für uns ganz nebensächlich; es genügt uns, nachgewiesen zu haben, daß Schwann, wenn auch auf eine nicht unanfechtbare Art, zu experimentiren die pflanzliche Natur der Hefe erkannt hatte.

Man sollte meinen, daß eine Anschauung, welche durch so viele scharfsinnige Versuche ihre Begründung erhielt, die Fachgelehrten zum eifrigen Studium der neuentdeckten Wahrheiten angeeifert habe und daß hierdurch bald volle Klarheit in die so glücklich begonnene Erklärung der Gährungsvorgänge gekommen sei. Leider zeigte sich gerade das Gegentheil davon: Schwann fand an Stelle der verdienten Anerkennung von Seiten der Fachgelehrten nicht nur die völlige Ablehnung seiner Theorie, sondern wurde sogar in unwürdiger Weise verhöhnt. Eine Spottschrift, die dazu noch in einer rein wissenschaftlichen Zeitschrift veröffentlicht wurde, behandelte die Frage von der humoristischen Seite und erklärte die von Schwann als die Ursache der Gährung angesehenen Organismen für Thiere, welche den in der Flüssigkeit vorhandenen Zucker auffressen, dafür Alkohol und Kohlensäure abgeben und so außerordentlich gefräßig seien, daß sie sich, nachdem aller Zucker in der Flüssigkeit verbraucht ist, gegenseitig aufzehren.

Dieser billige Spott mochte wohl auch durch die gerade in jene Zeit fallenden Arbeiten über die sogenannten Infusorien veranlaßt werden, in welchen aller-

dings manche unrichtigen Beobachtungen über die Organisation und das Leben dieser Wesen veröffentlicht wurden. Neben diesem Umstande läßt sich aber die gänzliche Außerachtlassung dieser wichtigen Arbeiten Schwann's auf das starre Festhalten an den Aussprüchen älterer Autoritäten zurückführen. Es kam hierzu noch der Umstand, daß kurze Zeit, nachdem Schwann seine Untersuchungen veröffentlichte, auch Liebig, der schon damals einen bedeutenden Namen hatte, mit seiner Gährungstheorie hervortrat, die sich in vieler Beziehung an die älteren Anschauungen anschloß. Mit einem Worte, die Arbeiten Schwann's geriethen beinahe in völlige Vergessenheit und blieben es fast durch ein Vierteljahrhundert, bis Pasteur, merkwürdiger Weise durch die gleiche Ursache, welche Schwann zu seiner Arbeit veranlaßte — nämlich die Möglichkeit der Urzeugung zu erforschen, zu seinen Studien angeregt, die volle Bestätigung der Richtigkeit der Arbeiten Schwann's erbrachte. Obwohl die Gährungstheorie Liebig's neben den älteren Anschauungen durch eine Reihe von Jahren beinahe die ausschließliche Herrschaft hatte, und sich neben der Liebig'schen Theorie keine andere zur allgemeinen Anerkennung aufschwingen konnte, beschäftigten sich doch eine größere Anzahl von Gelehrten mit selbständigen Arbeiten über das Wesen der alkoholischen Gährung und können wir im Anschlusse an die Lehre Schwann's diese Theorien und einzelnen Untersuchungen kurz anführen, um endlich zu einer Uebersicht des Standes der ganzen Frage in einem gewissen Augenblicke zu gelangen.

Mitscherlich, welchem wir ganz besonders wichtige Untersuchungen über die Gestalt und Vermehrung der Hefe verdanken, wiederholte viele der von Schwann ausgeführten Arbeiten, kam aber zu einer Theorie, welche unverkennbar durch den Einfluß der von Berzelius ausgesprochenen Anschauung über die Gährung entstanden ist. Nach Mitscherlich wirkt die Hefe dadurch vergährend, daß die zu vergährende Flüssigkeit einfach mit der Hefe in Berührung oder Contact tritt. Ein sehr sinnreich ausgedachter aber falsch erklärter Versuch Mitscherlich's scheint die Hauptursache zur Aufstellung der Contacttheorie gewesen zu sein.

Die von Mitscherlich über die Gährung ausgesprochene Ansicht, welche sich zum Theile an die Untersuchungen von Schwann anschloß, gelangte eben so wenig zur Anerkennung, wie die Ansichten des letztgenannten Gelehrten; wir müssen aber den Ansichten Mitscherlich's besondere Erwähnung thun, weil dieser Forscher der Erste war, welcher sich eingehender mit den Wachsthum- und Fortpflanzungsverhältnissen jener Organismen beschäftigte, die man gegenwärtig als die Ursachen der Gährung anzusehen gewöhnt ist. Obwohl die Untersuchungen Mitscherlich's vieles Fehlerhafte enthalten, so gebührt diesem Forscher dennoch der Ruhm, gewisse Thatsachen aufgefunden zu haben, die als feststehende Lehrsätze der Gährungschemie anzusehen sind. Wie wir noch später ausführlicher hervorheben werden, ist durch Mitscherlich der Unterschied zwischen Unter- und Ober-Hefe genau festgestellt worden und hat er auch so ziemlich die Bedingungen erkannt, welche für die beiden Formen der Gährung maßgebend sind.

Nebst dieser Untersuchung führte Mitscherlich auch eine sehr schöne Arbeit aus, welche eigentlich von sehr überzeugender Kraft für die Gährungstheorie Schwann's und der Anschauung Aller, welche die Gährung der Mitwirkung von

Organismen zuschreiben, ist. Er zeigte nämlich, daß sich die Gährung nicht durch Membranen fortpflanzen lasse, somit der Organismus, welcher in der gährenden Flüssigkeit lebt, Theil an dem chemischen Vorgange haben müsse.

Mitscherlich führte den erwähnten Versuch in der Weise aus, daß er in ein mit Zuckerlösung gefülltes Gefäß einen Cylinder senkte, welcher oben offen, unten aber mit einer porösen Membran verschlossen war und frische Hefe enthielt. Die Zuckerlösung in dem äußeren Gefäße blieb unverändert, jener Theil derselben, welcher durch die poröse Membran zur Hefe gelangte, vergährte in regelrechter Weise. — Anstatt nun aus dieser Erscheinung den am nächsten liegenden Schluß zu ziehen, welcher darin bestanden hätte, anzunehmen, die Vergährung werde durch den Lebensproceß der Hefe bedingt — deren Organisation und Vermehrung zur Zeit Mitscherlich's Niemand besser kannte als er selbst — ging dieser Gelehrte sozusagen der Wahrheit aus dem Wege und stellte den Satz von der Wirkung durch einfachen „Contact" auf.

Nach den Ergebnissen seiner Untersuchungen zu schließen, sollte man meinen, daß sich Mitscherlich unbedingt jenen Männern anschließen müsse, welche den Gährungsproceß durch die Mitwirkung der Organismen erklären. Er that dies aber nicht, und stimmt die von ihm aufgestellte Auschauung über den Gährungsvorgang durchaus nicht mit den so schön begonnenen Arbeiten über die Entwickelung der Gährungsorganismen und den Antheil, welchen sie an dem Verlaufe der Gährung nehmen, überein. Mitscherlich suchte gleichsam einen Ausweg, der darin bestand, daß er die Mitwirkung der Organismen einfach auf die bloße Nothwendigkeit ihrer Gegenwart reducirte; nach der Theorie Mitscherlich's sollen die Organismen einfach durch Contact wirken. Wir sehen hier wieder die Furcht vor einer bedeutenden Autorität (Berzelius), dessen Aussprüche durch längeer Zeit die chemische Welt beherrschten; die Contacttheorie Mitscherlich's ist eigentlich nichts anderes als die Katalyse Berzelius' — eine unbekannte Kraft, der einfach ein anderer Name gegeben wurde. Eine befriedigende Erklärung gab die Contacttheorie eben so wenig, als die katalytische Kraft, von der Berzelius ausging.

Im Anschlusse an die Untersuchungen Schwann's sind noch einige Arbeiten zu registriren, welche für die Entwickelung der neueren Gährungstheorie von Bedeutung geworden sind. Wir nennen in dieser Beziehung die hochwichtige Mittheilung von Lüdersdorff, daß Hefe, welche so lange gerieben wurde, bis sich unter dem Mikroskope keine unverletzten Zellen erkennen lassen, die Fähigkeit, Gährung zu erregen, völlig verloren habe. Etwa in dieselbe Zeit fallen die Anfänge der Untersuchungen über die botanische Natur der Gährungsorganismen; eine Frage, über die der lebhafteste Streit herrschte, und welche man in neuester Zeit so ziemlich für erledigt hielt, die aber durch die in den letzten Jahren veröffentlichten Untersuchungen Pasteur's wieder in Fluß gerathen ist.

Eine durch ihre Originalität, weniger aber durch Anspruch auf Richtigkeit ausgezeichnete Gährungstheorie stellte Meißner 1837 auf; wir führen diese Theorie, die sich übrigens nie in weiteren Kreisen Eingang zu verschaffen wußte, hier an, um zu zeigen, welche merkwürdigen Ideen entstanden, um die geheimnißvollen

Gährungserscheinungen zu erklären. Meißner ging von der Ansicht aus, daß eine gewisse chemische Verbindung, die er als Ferment bezeichnete, durch Aufnahme von Wasser in ein Hydrat übergehe, zu Fermenthydrat werde. Dieses Fermenthydrat sollte mit einem der Bestandtheile des Zuckers (letzteren dachte sich Meißner bestehend aus carbonsaurem Carbonsubhydroidulhydrat), nämlich mit dem Carbonsubhydroidulhydrat eine chemische Verbindung bilden, welche den reinen Wein darstellen sollte, der sich von dem Alkohol wesentlich unterscheide. Diese hypothetische Verbindung aus Fermenthydrat mit dem Carbonsubhydroidulhydrat ist aber eine Verbindung, welche so locker zusammengesetzt ist, daß sie sich beim Erhitzen vollständig zerlegt, wobei Alkohol gebildet und verflüchtigt wird. Der Alkohol besteht somit aus Carbonsubhydroidulhydrat, welches aber in der gegohrenen Flüssigkeit mit dem stickstoffhaltigen Fermenthydrat verbunden ist, welches den hypothetischen „reinen Wein" darstellt.

Daß ein so tüchtiger Chemiker, wie Meißner war, die Existenz einer besonderen chemischen Verbindung annahm, die er als reinen Wein bezeichnete und welche sich in jeder gegohrenen Flüssigkeit — gleichgültig, ob dieselbe durch Vergährung von Traubensaft, Bierwürze oder Branntweinmaische gewonnen wurde, finden soll, ist ein Irrthum, welcher wohl seine Entschuldigung in den geringen Kenntnissen findet, die man zur Zeit, in welcher dieses Theorem aufgestellt wurde, über die Constitution der organischen Substanzen im Allgemeinen hatte und darf nicht vergessen werden, daß die organische Analyse erst zu einer Zeit auf jene Stufe der Ausbildung gelangte, die nur wenige Jahrzehnte hinter der gegenwärtigen liegt.

Im Anschlusse an die eben entwickelte Theorie stellte Meißner noch verschiedene Ansichten über die Production neuer Hefe bei der Gährung von Fruchtsäften, über den Stickstoffgehalt der Hefe u. s. w. auf, welche beweisen, daß sich dieser Chemiker sehr eingehend mit dem Studium der Hefe beschäftigt haben müsse; wenn auch seine Theorie gegenwärtig als gänzlich falsch erkannt ist, so verdient sie eben der Aufmerksamkeit wegen, welche Meißner den Gährungsvorgängen zuwendete, wenigstens eine Stelle in einer geschichtlichen Darstellung von der Entwickelung unserer Kenntniß von den Gährungsvorgängen.

Stand der Anschauungen über die Gährung im Jahre 1845.

Bevor wir zur Darlegung der Untersuchungen übergehen, welche zwischen der Aufstellung der von Schwann ausgesprochenen Sätze und der Begründung der gegenwärtig als richtig angesehenen Gährungstheorie gemacht wurden, halten wir es für wichtig, den Stand der Ansichten zu skizziren, wie er beiläufig zu jener Zeit war, welche die Mitte zwischen der Zeit, in welcher Schwann seine Sätze veröffentlichte und jener hält, in welcher wir wieder neuere wichtige Untersuchungen über das Wesen der Gährung zu verzeichnen haben. Dieser Moment wird auch durch ein für die technische Seite der Gährung hochwichtiges Ereigniß bezeichnet, welches in der Veröffentlichung des 1845 erschienenen Werkes: Die Gährungschemie, von Balling, gegeben ist.

Obwohl schon Stahl im Jahre 1697 eine Zymotechnik schrieb — ein Werk, welches hauptsächlich eine theoretische Erörterung der Gährung umfaßt, so finden wir bis in die neuere Zeit auf dem Gebiete der chemischen Literatur nur zerstreute Abhandlungen über die verschiedenen Ansichten, welche sich einzelne Forscher über den Gährungsvorgang gebildet hatten. Balling's Werk ist aber das erste, welches die technische Seite der Gährung als ein Ganzes behandelt und zwar in solcher Weise, daß dieses Werk noch gegenwärtig einen gewissen wissenschaftlichen Werth besitzt, wenn auch Vieles, was in demselben als positiv hingestellt wurde, in unserer Zeit in Folge neuerer Untersuchungen als nicht richtig erkannt wurde. Ein Verdienst wird dem Balling'schen Werke jedoch immer bleiben: daß es das erste war, welches das Gesammtgebiet der Zymotechnik in etwas ausführlicherer Weise behandelte.

Balling führt mit Uebergehung der älteren Ansichten über den Gährungsproceß die folgenden Theorien an, welche zur Zeit (das ist bei Veröffentlichung seines Werkes im Jahre 1845) als wichtig angesehen wurden:

1. Der Gährungsproceß ist ein rein chemischer Vorgang, welcher durch die Einwirkung der Hefe auf den Zucker bedingt wird (Trommsdorff und Meißner).

2. Der Gährungsproceß wird durch Wirkung galvanischer Kraft bedingt; der Dualismus der Erreger bei Gegenwart eines flüssigen Leiters veranlaßt die Gährung, (Schweigger — Colin — Kämtz — Kölle).

3. Der Gährungsproceß wird durch die Lebensthätigkeit eines pflanzlichen Organismus bedingt; die neu gebildete Hefe besteht aus diesem pflanzlichen Organismus oder dem Zuckerpilze (Erxleben — Cagniard Latour — Schwann — Kützing — Quevenne — Dumas — Mitscherlich — Mulder).

4. Die Gährung wird durch einen katalytischen Proceß bedingt (Berzelius).

5. Die Gährung ist ein rein chemischer Vorgang, welcher durch eine Art von Ansteckung bedingt wird, die ein in Zerfall begriffener Körper — die Hefe auf eine andere leicht zerlegbare Verbindung ausübt; Zucker zerfällt in Folge dieses Vorganges in Alkohol und Kohlensäure (Leuchs — Löwig — Liebig).

Obwohl Balling alle hier aufgezählten Theorien einer scharfen und geistvollen Kritik unterwarf, unterließ er es doch, sich für die eine oder andere Ansicht auszusprechen — wahrscheinlich genügte keine derselben seinen reichen Erfahrungen über die bei der Gährung auftretenden Erscheinungen.

Uebergangszeit zur Pasteur'schen Gährungstheorie.

Helmholtz beschäftigte sich seinerzeit ebenfalls mit Untersuchungen über das Wesen der Gährung und sind seine Arbeiten in mancher Beziehung von Bedeutung, obwohl der genannte Forscher dieselben nicht weiter verfolgte. Helmholtz machte unter Anderen auch, ähnlich wie Mitscherlich, die wichtige Beobachtung, daß sich der Gährungsvorgang nicht in eine Flüssigkeit fortpflanze, welche von der gährenden durch eine Membrane getrennt ist. Leider gelang es ihm nicht, wahrscheinlich durch eine nicht entsprechende Anordnung des Versuches, den gleichen Nachweis für die Fäulnißerscheinungen beizubringen. Wäre ihm dieses gelungen,

so hätten die Versuche von Helmholz gewiß den Sturz der Liebig'schen Theorie schon früher veranlaßt, als er wirklich eintrat.

Obwohl Ehrenberg schon im Jahre 1848 mit Bestimmtheit nachwies, daß in der Luft beinahe überall Keime von Pflanzen — Pilzsporen — anzutreffen sind, so blieb diese Beobachtung, welche doch so gut zu den Schwann'schen Versuchen paßte, in Bezug auf die Erklärung der Gährungsvorgänge eben so unbeachtet, als die Arbeiten Schwann's. Erst in der zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts begannen die Forscher sich wieder mit eingehenden Untersuchungen über das Wesen der Gährung zu beschäftigen, und ist im Laufe der letzten fünfundzwanzig Jahre die Lehre von den Gährungserscheinungen zu hoher Ausbildung gelangt, obwohl sich auch gegenwärtig noch viel des Unerklärten in derselben vorfindet — dessen Lösung wir der Zukunft anheim geben müssen. In unserer Zeit sind wir wenigstens so weit gelangt, daß wir annehmen können, der richtige Weg zur Erklärung der eigentlichen Gährungserscheinungen sei nunmehr gefunden. Ganz besonders werthvoll ist die jetzt schon sicher gestellte Grenze zwischen den eigentlichen G ä h r u n g s e r s c h e i n u n g e n, welche in allen Fällen nur unter Mitwirkung von Organismen erfolgen kann, und den F e r m e n t w i r k u n g e n — jenen Erscheinungen, die in ihrem Verlaufe allerdings mit Gährungserscheinungen die größte Aehnlichkeit besitzen, aber durch rein chemische Processe veranlaßt werden — ein Gegenstand, welchen wir an späterer Stelle noch eingehender behandeln müssen.

Seit der Veröffentlichung der Liebig'schen Gährungstheorie im Jahre 1839 hatte dieselbe bis zum Jahre 1854 ausschließlich das Gebiet beherrscht; erst in diesem Jahre beginnt jener glänzende Kampf gegen die alten Theorien der Gährung, der erst in unseren Tagen mit der gänzlichen Niederlage derselben endigen sollte. Es war im Jahre 1854, daß S c h r ö d e r und D u s c h mit einer Abhandlung hervortraten, welche die Fortführung der Schwann'schen Arbeiten genannt werden kann. Die Resultate dieser Arbeit liegen darin, daß sie vorerst eine Bestätigung der Ansicht Schwann's gaben (daß nämlich die Gährung durch Organismen veranlaßt werde) — daß aufgekochte Flüssigkeiten, wenn man sie von dem Zutritte der Luft abschließt, nicht gähren, weil durch die Kochhitze die in ihnen vorhandenen Organismen getödtet werden — und daß die Organismen, welche in der Luft enthalten sind, die Ursache der Gährung ausmachen.

Es handelte sich nun bei diesen beiden Gelehrten darum, den Nachweis, daß die Gährungserreger wirklich der Luft entstammen, auf noch schlagendere Weise, als dies durch Schwann geschehen war, darzuthun. Schwann hatte — wie oben auseinandergesetzt wurde, den Beweis hierfür auf die Weise erbracht, daß er zu den aufgekochten Flüssigkeiten Luft treten ließ, welche aber durch ein glühendes Rohr streichen mußte, bevor sie mit der Flüssigkeit in Berührung kam; die Organismen, welche in der Luft vorhanden waren, wurden durch die hohe Temperatur zerstört — die Flüssigkeiten blieben frei von jeder Gährung.

Schröder und Dusch zeigten nun, daß es gar nicht nothwendig sei, die in der Luft schwebenden Organismen zu zerstören (früher hatte schon ein anderer Gelehrter, S c h u l t z e, bewiesen, daß ein Filtriren der Luft durch concentrirte Schwefelsäure ebenso wirke, wie das Glühendmachen der Luft — weil in beiden

Fällen die Organismen zerstört werden) — sondern daß es genüge, dieselben durch ein Filtriren der Luft zurück zu halten, um das Eintreten der Gährung in aufgekochten Flüssigkeiten zu verhindern.

Wenn es nämlich wirklich wahr sein sollte, daß die Gährung dadurch bedingt werde, daß sich die winzigen Organismen und deren Keime, welche in der Luft schweben, in der gährungsfähigen Flüssigkeit entwickeln müssen, so mußte es auch möglich sein, diese Körper, die trotz ihrer Kleinheit sich ebenso verhalten müssen, wie andere feste Körper, durch ein passendes Filter zurück zu halten. Als ein zum Filtriren der Luft geeigneter Körper erwies sich nun die reine Baumwolle. Die beiden genannten Forscher wiesen nach, daß es genüge, das Gefäß, in welchem sich die gährungsfähige Flüssigkeit befindet, nach dem Aufkochen der letzteren mit einem Pfropfen von reiner Baumwolle zu versehen, um die Gährung nicht eintreten zu lassen, weil die beim Abkühlen der Gefäße in dieselben eindringende Luft, welche gezwungen war, die Baumwolle zu durchdringen, in letzterer alle festen Körper, die sie mit sich führte (Mineralstaub und Organismen) zu hinterlassen.

Man war nunmehr zu folgenden Ergebnissen gelangt, welche alle dafür sprachen, daß zur Einleitung der Gährung die Gegenwart von Organismen, wie wir sie in der Luft schwebend antreffen, nothwendig sei: Schwann hatte gezeigt, daß Luft, welche bis zur Glühhitze erhitzt worden war, keine Gährung in ausgekochten Flüssigkeiten hervorzurufen im Stande sei, welche unter gewöhnlichen Umständen sehr leicht in Gährung gerathen. Schultze zeigte später, daß es genüge, die Luft bei gewöhnlicher Temperatur durch Schwefelsäure zu filtriren, um sie ebenfalls von der Fähigkeit zu befreien, die Gährung einzuleiten; Schröder und Dusch lieferten den Nachweis, daß das gleiche Ergebniß durch einfache Filtration der Luft erhalten werde, daß sich die Organismen, welche die Ursache der Gährung sind, durch Filtriren der Luft durch Baumwolle zurückhalten lassen. Es konnte nach diesen Resultaten wohl kaum mehr ein Zweifel darüber herrschen, daß die Körper, welche als die Veranlassung der Gährung angenommen wurden, lebende Wesen seien, denn sie wurden in den Flüssigkeiten selbst durch Kochhitze getödtet, sie wurden durch Glühhitze und durch kräftige wasserentziehende Substanzen (Schwefelsäure) zerstört — sie konnten endlich als feste Körper durch Filtration der Luft entzogen werden.

Die erstgenannten Erscheinungen sprechen deutlich für die organische Natur der betreffenden Körper — Niemand hatte aber noch den Nachweis für die Existenz derselben in einer dem Auge wahrnehmbaren Weise geliefert — denn die vorerwähnte Beobachtung Ehrenberg's bezog sich blos auf die Feststellung der Thatsache, daß in der Luft überhaupt neben mineralischen Körpern auch Organismen enthalten seien, eine Thatsache, die man schon in dem Augenblicke erkennen mußte, in welchem man die Art der Fortpflanzung der niedersten Pilze etwas eingehender studirte.

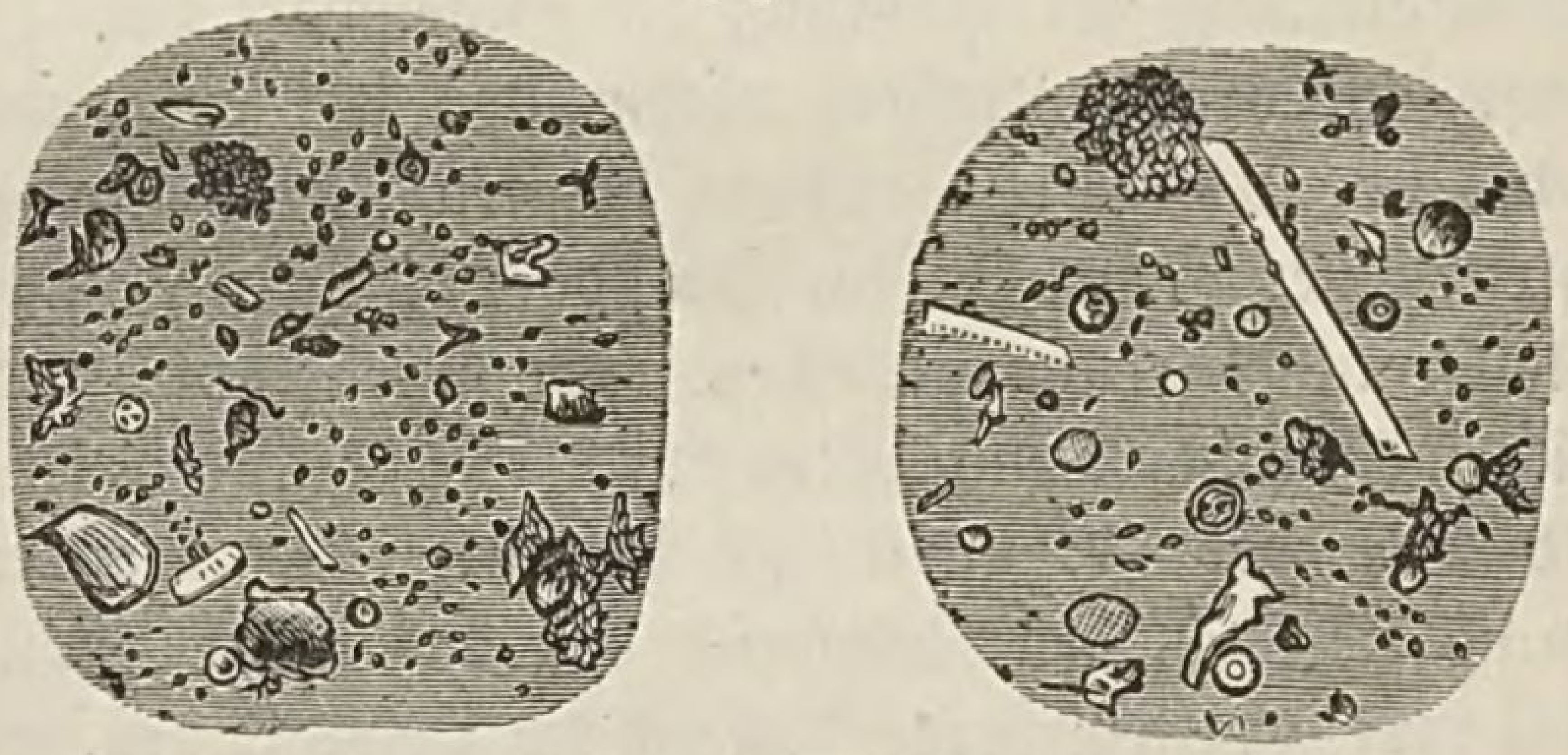
Auch der sichtbare Beweis für das Vorhandensein der Gährungserreger sollte erbracht werden; wenn wir denselben schon jetzt anführen, so greifen wir zwar der geschichtlichen Entwickelung der Lehre von den Gährungserscheinungen etwas

vor, thun dies aber in der Absicht, die Lösung der Frage über das Vorkommen der Gährungserreger in der Luft in ihrem vollständigen Zusammenhange zu geben.

Pasteur — jener Gelehrte, dessen Arbeiten über das Wesen der Gährung wir unmittelbar nach jenen der genannten Forscher und zwar mit größerer Ausführlichkeit besprechen müssen — kam auf den glücklichen Einfall, an Stelle der gewöhnlichen Baumwolle Schießbaumwolle anzuwenden, ein Präparat, welches bekanntlich mit der gewöhnlichen Baumwolle die physikalischen Eigenschaften im Allgemeinen theilt, sich aber von derselben wesentlich dadurch unterscheidet, daß es in Aether leicht löslich ist. Pasteur ließ die Luft zu den gährungsfähigen (ausgekochten) Flüssigkeiten durch eine Schichte von Schießbaumwolle treten und löste letztere sodann in Aether.

Der unlösliche Rückstand, welcher nach Entfernung der ätherischen Lösung hinterblieb, erwies sich unter dem Mikroskope aus mineralischen und pflanzlichen Stoffen und aus Organismen bestehend. — Figur 1 stellt die Abbildung der festen Körper dar, welche nach dem vorstehend beschriebenen Verfahren von der Luft abgeschieden werden können. Unter dem Mikro-

Fig. 1.

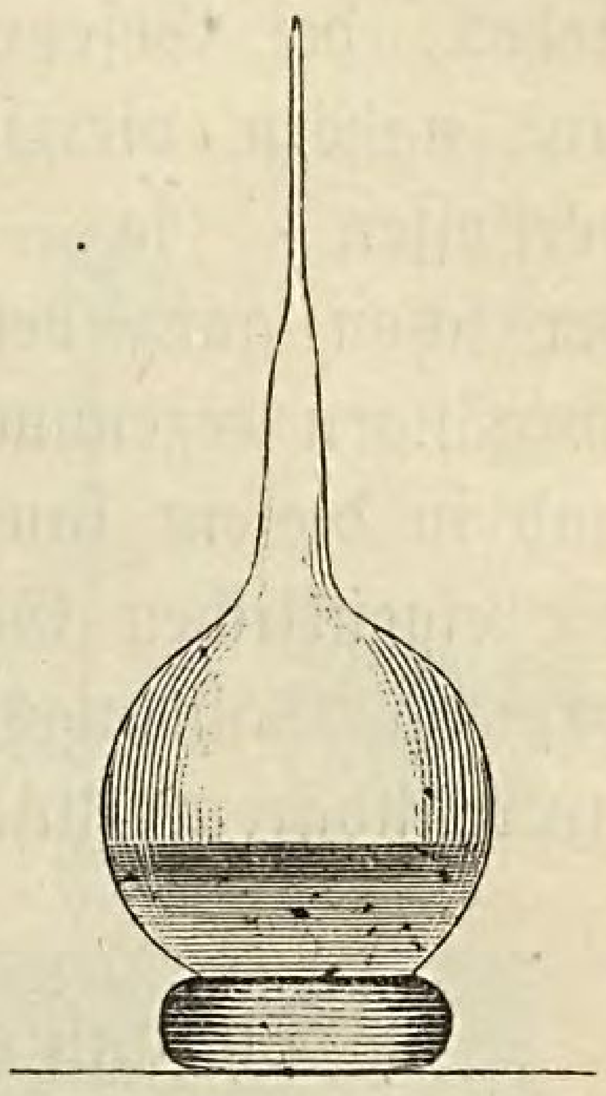


Atmosphärischer Staub (Vergrößerung 350).

skope zeigen sich immer Trümmer von Mineralien und bestehen diese je nach der geologischen Beschaffenheit der Gegend, in welcher die Luft zur Untersuchung verwendet wurde, entweder aus Quarz oder Kalk; von organisirten Körpern läßt sich in vielen Fällen Stärkemehl nachweisen und kommen außerdem und zwar sehr häufig andere winzige Organismen vor, die man gegenwärtig wohl mit Sicherheit als die Keime niederer Organismen (Sporen gewisser Pilze) bezeichnen kann. So scharfsinnig nun dieses Experiment auch ausgedacht ist, so kann man mittelst desselben leider doch nicht den direkten Beweis führen, daß gerade diese Organismen, welche in dem gegebenen Falle durch die Schießbaumwolle zurückerhalten wurden, im Stande seien, die Gährung einzuleiten. Dieser Beweis ließe sich, wie leicht einzusehen, einfach dadurch erbringen, daß man diese Organismen in einer gährungsfähigen Flüssigkeit aussäen und letztere hierdurch in Gährung übergehen machen könnte. Wenn man den Versuch macht, so gelingt derselbe nicht, weil die Organismen in Folge der unvermeidlichen Berührung mit dem Aether getödtet wurden. Derselbe würde aber sicher gelingen, wenn wir ein Lösungsmittel der Schießbaumwolle kennen würden, welches keinen Einfluß auf diese Organismen nimmt.

Es gelang Pasteur sogar später, das Eintreten der Gährung in ausgekochten Flüssigkeiten hintanzuhalten, ohne geglühte Luft oder einen Filter aus Baumwolle anzuwenden und zwar einfach dadurch, daß er diese Flüssigkeiten in Gefäße von passender Form einschloß. Die nebenstehende Abbildung Figur 2 versinnlicht die Einrichtung eines derartigen Gefäßes. Dasselbe besteht aus einem Glaskolben, dessen Hals zu einer engen Röhre ausgezogen, welche entweder nach aufwärts gerichtet oder unter einem ziemlich spitzen Winkel nach unten gebogen ist. Die gährungsfähige Flüssigkeit wird in das Gefäß gebracht, der Hals desselben von der Glasblaselampe ausgezogen — eventuell gebogen und bleibt in letzterem Falle das Rohr unten offen. Die Flüssigkeit in dem Gefäße wird nunmehr bis zur Kochhitze erwärmt, die in dem Gefäße enthaltene Luft durch die sich bildenden Dämpfe verdrängt. Läßt man sodann das Gefäß erkalten, so dringt die äußere Luft sehr langsam durch das enge Rohr wieder in das Gefäß, wobei sie in dem abwärts gebogenen Rohre den Weg nach aufwärts nehmen muß. Die Organismen, welche in der Luft schweben, werden, wenn sie mit der Luft in das Gefäß gelangen, durch die in demselben herrschende Temperatur getödtet. Ueberläßt man nun das Gefäß sich selbst, so muß offenbar bei jeder Aenderung des Luftdrucks in demselben auch eine Bewegung der Luft vor sich gehen. Diese erfolgt aber in dem engen Rohre mit solcher Langsamkeit, daß die in der beim Steigen des Luftdrucks eindringenden Luft schwebenden Organismen dem Gesetze der Schwere folgen und aus dem Rohre fallen können; trotzdem daß die Luft in dem Gefäße mit der äußeren in unmittelbarer Verbindung steht, können aus der eben angegebenen Ursache keine Organismen in die Flüssigkeit gelangen und wäre dieses nur in ganz besonderen Ausnahmefällen denkbar, wenn z. B. der Luftdruck in sehr kurzer Zeit um ein Bedeutendes steigen und hierdurch in dem engen Rohre ein so rascher Luftstrom eintreten würde, daß die Organismen in das Gefäß hinübergerissen werden. Schmilzt man das nicht gebogene Rohr nach Eintritt des Siedens zu, (vergleiche die Abbildung) so findet ebenfalls keine Entwickelung von Organismen statt.

Fig. 2.



Die eben angeführten Arten der Beweisführung, daß zum Eintritte der Gährung die Gegenwart von Organismen im lebenden Zustande eine Vorbedingung sei, ist zwar keine absolute; es ist aber zu erwägen, daß man die betreffenden Versuche tausende und tausende Male wiederholen kann und immer zu den gleichen Ergebnissen gelangen wird. Bekanntlich gibt es eine große Zahl von Wahrnehmungen im Gebiete der Naturwissenschaft, für deren Gesetzmäßigkeit wir nicht einmal Beweise von solcher Kraft beibringen können, wie für den vorliegenden Fall, — und man hat sich dennoch nicht gescheut, solche Wahrnehmungen als unbedingt richtig anzusehen und auf dieselben Theorien zu gründen. Warum sollte das Gleiche nicht auch für die Gährungstheorie gestattet sein? Wir erinnern in dieser Beziehung blos an ein wichtiges Capitel der Physik:

an die Lehre vom Lichte. Die Existenz des Lichtäthers ist bei weitem nicht mit solcher Sicherheit durch Versuche erwiesen, als die Gegenwart der Organismen in gährenden Flüssigkeiten, und trotzdem gibt es heute wohl kaum einen Physiker, welcher nicht die Hypothese von der Existenz des Lichtäthers anerkennen würde. Wir müssen eben die Richtigkeit der Hypothese durch zahlreiche Versuche, deren Ergebnisse nicht im Widerspruche mit den auf die Hypothese gebauten Gesetzen stehen, der Gesetzmäßigkeit so viel als möglich zu nähern suchen. Gegenwärtig sind nahezu vierzig Jahre seit der Veröffentlichung der Arbeiten von Schwann verflossen — ja — wenn wir auf den Ausspruch Erxleben's zurückgreifen wollen, der schon ganz bestimmt die Mitwirkung von Organismen bei den Gährungsvorgängen bezeichnet, müssen wir diesen Zeitraum auf 60 Jahre ausdehnen — und in diesem langen Zeitraume haben alle Unterbrechungen, welche man über die eigentlichen Gährungsvorgänge anstellte — die Richtigkeit von der Lehre, daß die Gährungserscheinungen und der Lebensproceß niederer Organismen in untrennbarem Zusammenhange stehen — bestätigt.

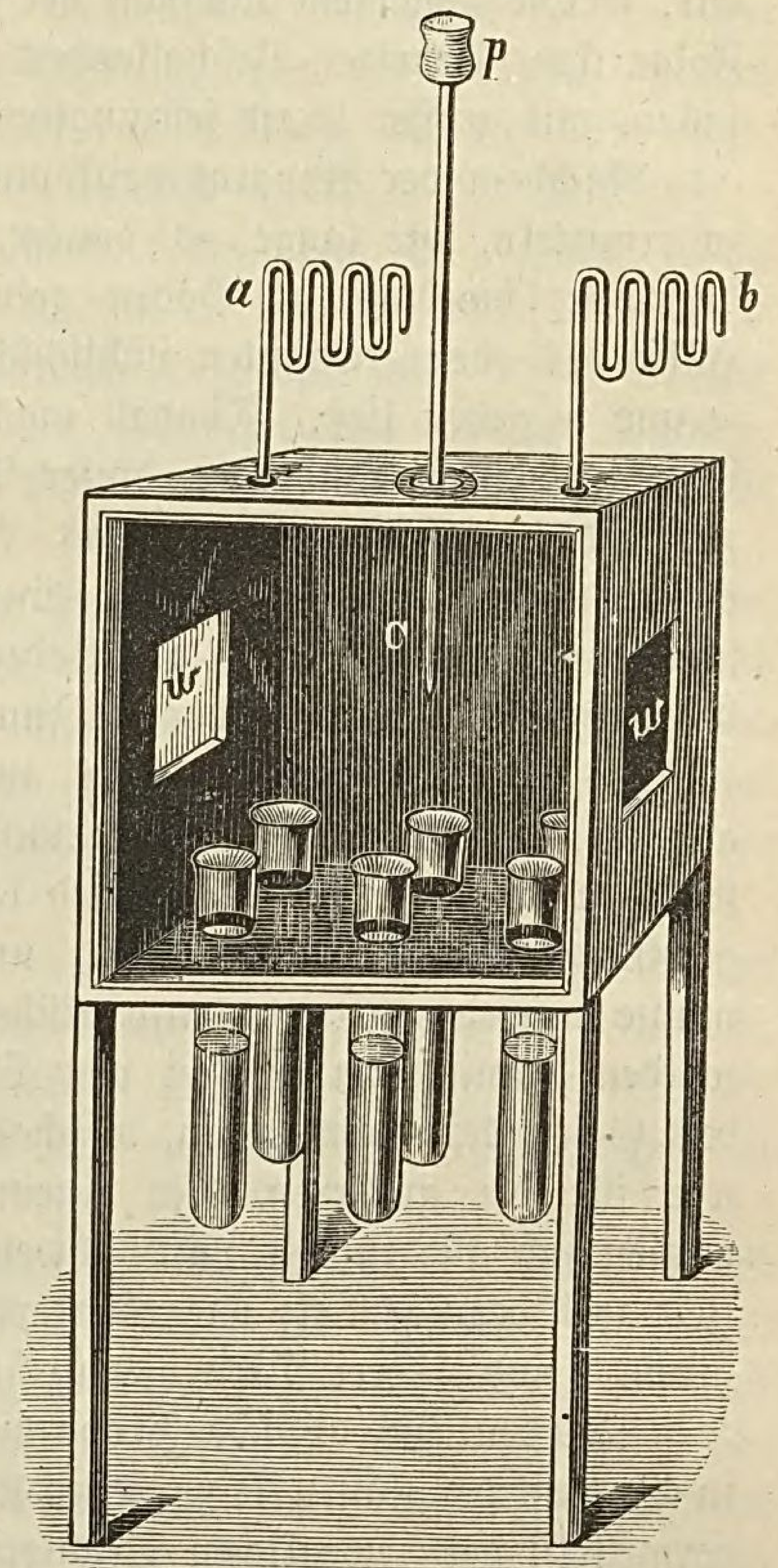
Tyndall's Untersuchungen über die Ursachen der Gährung.

In anderer Weise, aber wo möglich noch schlagender als Pasteur, dessen Arbeiten wir unten zusammenhängend anführen wollen, hat der berühmte englische Physiker Tyndall den Beweis geliefert, daß die sogenannten freiwilligen oder spontanen Gährungen von Flüssigkeiten, welche absolut kein lebendes Wesen enthalten können, durch von Außen kommende Organismen bedingt wird. Ehe wir die schöne Arbeit, welche Tyndall über diese Versuche veröffentlichte, etwas eingehender besprechen, müssen wir eine ebenfalls von diesem Gelehrten aufgefundene Thatsache erwähnen. Tyndall fand nämlich, daß ein Büschel Lichtstrahlen, welches von einer sehr kräftigen Lichtquelle herrührt, z. B. von einem electrischen Lichte, völlig unsichtbar wird, wenn die Luft, durch welche die Lichtstrahlen gehen, absolut frei von festen in ihr schwebenden Körpern ist; so lange sich in der Luft, durch welche das Büschel von Lichtstrahlen geht, noch feste Körper befinden — dieselben mögen von noch so geringer Größe sein, so werden diese um so kräftiger Licht zurückwerfen, je stärker die angewendete Lichtquelle ist. Der in einen dunklen Raum geworfene Lichtbüschel bleibt sichtbar — sobald aber in der Luft, durch welche der Lichtbüschel geht, absolut keine festen Körper schweben, entfällt die Ursache der Reflexion der Lichtstrahlen — das Licht wird gleichsam unsichtbar. Es ist leicht einzusehen, daß dieses Verhalten eines Lichtbüschels dazu dienen kann, Luft auf ihren Gehalt an festen Körpern mit der größten Sicherheit zu prüfen, und benutzte Tyndall in der That die Erscheinung des Unsichtbarwerdens des Lichtes in einem Raume dazu, um den Beweis herzustellen, daß dieser Raum keine in der Luft schwebenden festen Körper enthalte.

Die festen Körper, welche aber in der Luft schweben, sind neben Mineralstoffen auch noch die Keime von Organismen, und zwar wie wir schon auseinander gesetzt haben, solcher Organismen, welche Gährungserscheinungen hervorzurufen vermögen. Tyndall zog nun den sich selbst ergebenden Schluß: Wenn

es in der That die Organismen sind, die wir in der Luft schwebend antreffen, welche in gährungsfähigen Flüssigkeiten die Ursache der anscheinend freiwilligen eintretenden Zersetzungen sind, so müssen in einer Luft, welche die optische Probe (das ist das Unsichtbarwerden des Lichtbüschels) bestanden hat, auch die am leichtesten zersetzbaren Flüssigkeiten — wie wässerige Fleischauszüge, Abkochungen von Pflanzen u. s. w. völlig unverändert bleiben, weil die Ursachen der Veränderungen: die Organismen, welche wir in der gewöhnlichen Luft überall in ungeheuren Mengen schwebend antreffen, in diesem Falle gänzlich fehlen.

Fig. 3.



Um durch den Versuch den unwiderlegbaren Nachweis dieses Schlusses zu führen, construirte Tyndall einen Apparat, der eigentlich durch seine ungemein einfache Einrichtung schon bewundernswürdig ist. Dieser Apparat, Figur 3, besteht aus einem prismatischen Holzkasten, welcher an der Vorderseite eine luftdicht eingekittete Spiegelscheibe besitzt; an den beiden Seiten sind kleinere Scheiben w w und ebenfalls luftdicht eingekittet; an der Hinterwand dieses Kastens (in der Zeichnung nicht angegeben) befindet sich eine luftdicht passende kleine Thür; in der Bodenfläche des Kastens sind Oeffnungen angebracht, in welchen lange Röhren aus dünnwandigem Glase — den Eprouvetten der Chemiker gleichend, nur von größeren Dimensionen — gleichfalls luftdicht eingesetzt sind. An der Oberseite dieser Kästen, deren Tyndall eine größere Menge für seine Versuche benutzte, ist ein langes Rohr P, welches oben einen Trichter trägt, in eigenthümlicher Weise eingefügt.

Es befindet sich nämlich in der Holzwand eine Oeffnung von beiläufig 5 cm Durchmesser, welche durch eine Kautschukplatte luftdicht verschlossen wird. In diese Kautschukplatte wurde mittels einer feinen Nadel eine sehr kleine Oeffnung gestochen und durch letztere das untere zu einer Spitze ausgezogene Ende der Trichterröhre gesteckt. Um aber die Möglichkeit des Eindringens von atmosphärischem Staub in diesen Raum gänzlich auszuschließen, wurde vorsichtshalber die Kautschukplatte mit einem Blechcylinder umgeben, der etwa 4 cm hoch mit Baumwolle gefüllt war, die mit Glycerin getränkt ist. Alle festen Körper, welche aus der Luft auf diese Baumwollschicht

niederfielen, mußten von dem Glycerin zurückgehalten werden, und bildete die Kautschuckplatte in diesem Falle eine Art von eigenthümlich construirter Stopfbüchse, welche wohl gestattete, daß man das Trichterrohr nach allen Seiten frei bewege, aber zugleich verhinderte, daß feste Körper aus der Luft dabei in das Innere des erwähnten Holzkastens gelangen konnte. Auf der Oberseite des Kastens waren noch zwei Glasröhren a und b angebracht, welche wiederholt S-förmig hin- und hergebogen sind. Bevor der Apparat endgültig geschlossen wurde, bestrich man die ganze Innenseite des Holzkastens mit Glycerin — das ist eine Flüssigkeit, welche ungemein langsam bei gewöhnlicher Temperatur verdampft, und in Folge ihrer klebrigen Beschaffenheit sehr geeignet erscheint, feste Körper, die in sie fallen, mit großer Kraft festzuhalten.

Nachdem der Apparat vollkommen geschlossen war, handelte es sich darum, zu ermitteln, wie lange es dauere, bis alle festen Körper, welche in der Luft desselben schwebten, zu Boden gesunken waren. Die Untersuchung geschah mit Hülfe des oben erwähnten Lichtbüschels, welches man durch die beiden Fenster w und w gehen ließ. Tyndall machte die Beobachtung, daß in völlig ruhiger Luft gewöhnlich innerhalb dreier Tage alle festen in ihr schwebenden Körper zu Boden gesunken sind; das Lichtbüschel blieb in der Luft des Kastens völlig unsichtbar. Alle festen Körper, welche sich in der Luft des Raumes schwebend vorfanden und zu Boden gesunken waren, hafteten nunmehr in der Glycerinschichte, mit welcher die Innenseite des ganzen Apparates überdeckt hatten.

Es erreichte Tyndall daher auf diesem Wege dasselbe, was vor ihm schon andere Forscher erreicht hatten: Luft, die völlig frei von allen in ihr schwebenden Körpern war — der Unterschied lag nur darin, daß die Vorgänger Tyndall's gewisse Kunstgriffe anwendeten, um zu ihrem Ziele zu gelangen — die Luft mußte entweder filtrirt, durch glühende Röhren oder durch Schwefelsäure geleitet werden, damit man sie frei von Organismen erhielt. Tyndall wendete einfach das Gesetz der Schwere an, welches für die kleinsten Körper ebenso Geltung hat, wie für die größeren. In einem Raume, dessen Luft in völliger Ruhe ist, müssen sich alle in der Luft schwebenden festen Körper innerhalb einer gewissen Zeit zu Boden senken; wie eben erwähnt, ist dieser Zeitraum ein ziemlich kurzer, indem Tyndall drei Tage hierfür immer ausreichend fand.

Nachdem die optische Probe die völlige Gewißheit dafür gegeben hatte, daß in der Luft der Kästen keine festen Körper mehr enthalten waren, beschickte Tyndall vermittelst der beweglichen Trichterröhre die in den Boden des Kastens eingesetzten Eprouvetten mit sehr verschiedenartigen Flüssigkeiten, welche sich aber sämmtlich durch eine ungemein große Neigung auszeichnen, in sogenannte Selbstgährungen überzugehen. Tyndall nahm wässerige Auszüge von Rindfleisch, Wildbret, verschiedenen Fischen, Gemüsen, Heu, Thee, Hopfen u. s. w. — kurz solche Flüssigkeiten, welche an gewöhnlicher Luft in kurzer Zeit — bei Sommertemperatur schon innerhalb weniger Stunden — in Gährung übergehen und dann eine zahllose Menge von niederen Organismen enthalten.

Da aber diese Flüssigkeiten möglicherweise selbst Keime von Organismen in sich enthielten, so mußten dieselben unmittelbar, nachdem die Eprouvetten mit

ihnen beschickt waren, aufgekocht werden, was dadurch geschah, daß man die Eprouvetten mit einem Bade von Salzwasser umgab und letzteres zum Kochen brachte. Die Wasserdämpfe, welche sich beim Aufkochen des Inhaltes der Eprouvetten entwickelten, verdichteten sich zum Theile an den Wänden des Kastens oder entwichen durch die Röhren a und b. Nachdem der Inhalt der Röhren einen Augenblick zum Kochen erhitzt worden war, blieb der Apparat durch Monate sich selbst überlassen. Im Inneren desselben befand sich nunmehr Luft, welche genau dieselbe Beschaffenheit besaß, wie die Luft außerhalb des Kastens: sie enthielt Sauerstoff, Stickstoff, Kohlensäure, Wasserdampf — kurz alle Bestandtheile der Atmosphäre in demselben gleichen Verhältnisse, wie es eben die Beschaffenheit der Luft in dem Locale, in welchem die Versuche angestellt wurden, mit sich brachte; der einzige Unterschied zwischen der Luft außerhalb der Kästen und innerhalb derselben bestand darin, daß die letztere völlig frei von allen festen Körpern war, die sonst überall in der Luft schweben. Diese festen Körper waren aber nicht durch Abfiltriren beseitigt, noch durch Glühen der Luft oder durch Behandeln derselben mit Schwefelsäure zerstört worden, sondern einfach durch ihre Schwere auf den Boden des Kastens gesunken, wo sie unverändert lagen.

In diesem Kasten bleiben nun die völlig klar in die Eprouvetten eingefüllten Flüssigkeiten Monate lang völlig unverändert, trotzdem die Temperatur bis über 30 Grad gestiegen war; sobald man aber auch nur die an der Rückseite des Apparates angebrachte Thür einen Augenblick öffnete, zeigten sich nach mehreren Tagen in der Flüssigkeit massenhaft verschiedene Organismen und geriethen die Flüssigkeiten in Gährung.

Die beiden Röhren an der Oberseite der Kästen haben nur den Zweck, der sich beim Steigen der Temperatur ausdehnenden Luft den Ausweg zu gestatten; sie sind in der durch die Zeichnung versinnlichten Weise sförmig hin und her gebogen, damit sich die in der eintretenden Luft schwebenden festen Körper in den Biegungen ablagern können.

Soweit sich übrigens aus den Versuchen überhaupt die Gewißheit eines Lehrsatzes ableiten läßt, erscheint uns derselbe durch die Versuche Tyndall's, Schwann's u. s. w. erbracht; wir müssen sagen: 1) Die Luft ist aller Orten von ungemein kleinen festen Körpern erfüllt, welche entweder durch Filtriren der Luft oder durch Glühendmachen derselben, durch Behandlung mit Schwefelsäure beseitigt werden können oder welche man auch durch einfaches Absitzenlassen aus der Luft entfernen kann; 2) In solcher Luft, welche frei von allen festen Körpern ist, kommen Flüssigkeiten — auch wenn dieselben noch so leicht zersetzbar sind, nicht in Gährung — vorausgesetzt, daß man in diesen Flüssigkeiten durch Aufkochen die in ihr enthaltenen Organismen getödtet hat; 3) Jede sogenannte freiwillige Gährung einer Flüssigkeit entsteht auf die Weise, daß aus der Luft, mit welcher sie in Berührung steht, Organismen in die Flüssigkeit gelangen, sich in derselben entwickeln, vermehren und hierdurch Veranlassung zum Eintritte der Gährung geben. 4) Jeder Gährungsvorgang kann nur durch Organismen Statt haben, welche entweder absichtlich oder unabsichtlich auf der Flüssigkeit,

die zu ihrer Nahrung geeignet ist, ausgesäet wurden; ohne Fementorganismen keine Gährung.

Tyndall modificirte seine Versuche noch auf mannichfache Weise und gelangte immer zu dem gleichen Ergebnisse; er zeigte unter Anderen auch, daß es genüge, in einem abgeschlossenen Raume einen Platindraht in beständiger Gluth zu erhalten, um gährungsfähige Flüssigkeiten nicht gähren zu machen; die nach und nach mit dem glühenden Drahte in Berührung kommenden Fermente, welche in der Luft schweben, werden zerstört. Tyndall begnügte sich nicht damit, die vorstehenden Thatsachen klar gemacht zu haben, sondern ging noch weiter; er stellte Versuche an über die Verbreitung der Ferment-Organismen in der Luft. Obwohl die auf diesen Gegenstand bezüglichen Versuche kein durch Zahlen ausdrückbares Ergebniß geliefert haben, gelangt Tyndall dennoch zu sehr werthvollen Resultaten; nach seinen Versuchen scheinen sich die Keime der Fermentorganismen gleich Wolken in manchen Luftmassen ungemein häufig vorzufinden, während sie in anderen in viel geringerer Zahl vorhanden sind — möglicherweise an manchen Orten sogar gänzlich fehlen — ein Ausspruch, welcher ausgezeichnet zu den weiter unten angeführten Arbeiten Pasteur's über denselben Gegenstand paßt. Wie sehr sich die Gedankenreihen exacter Forscher nähern, geht aus einer Stelle hervor, welche Tyndall selbst citirt und welche einem Werke des um die Kenntniß der thierischen Organismen hochverdienten deutschen Gelehrten Ehrenberg entnommen ist. Ehrenberg schreibt in seinem Werke „Die Infusionsthierchen": „Uebrigens kann man sich die in der Atmosphäre schwimmenden Thierchen wie Wolken denken, mit denen ganz leere Luftmassen — ja ganze Tage völlig reine Luftverhältnisse wechseln". Es sei hier bemerkt, daß Ehrenberg die Mehrzahl der in der Luft schwebenden Organismen jener selbst heute noch sehr wenig scharf begrenzten Gruppe von Wesen zuzählte, die man als Infusionsthiere bezeichnet.

Wir wissen aus der Praxis der Gährungsgewerbe, daß das frühere oder spätere Eintreten der Gährungserscheinungen in solcher Weise, daß dieselben völlig bestimmt wahrnehmbar werden, bis zu einem gewissen Grade von der Menge der zur Aussaat gelangten Gährungsorganismen abhängig ist; wir können oft die Beobachtung machen, daß eine Flüssigkeit, der Luft ausgesetzt, an gewissen Tagen binnen wenigen Stunden in Gährung gelangt, während sie zu anderen Zeiten oft erst nach mehreren Tagen merklich zu gähren anfängt und ist es wohl kein irriger Schluß, für den erstgenannten Fall die Annahme zu machen, daß die Luft, mit welcher die Flüssigkeit in Berührung stand, reich an Fermenten — im zweiten Falle hingegen besonders arm an solchen war. Aus den unten angegebenen Versuchen Pasteur's über das Vorhandensein der Fermentorganismen in der Luft läßt sich sogar die Annahme ableiten, daß die höchsten Schichten der Atmosphäre, welche dem Menschen nicht erreichbar sind, möglicherweise ganz frei von allen Organismen seien — diese aber die unteren Luftschichten in einer Weise bevölkern, gegen welchen selbst der Reichthum des Oceans an lebenden Wesen und die Zahl der Sterne in der Milchstraße verschwindend gering erscheinen müssen.

Die Thatsachen, welche dafür sprechen, daß die Anschauung: die Gährungs-

vorgänge beruhen auf dem Lebensproceß niederer Organismen in gewissen Flüssigkeiten sind so zahlreiche und von so überzeugender Beweiskraft, daß wir nach dem heutigen Stande unseres Wissens dieselben als beweisend annehmen müssen. Wir erwähnten schon, daß man gegenwärtig eifrig nach den chemischen Fermenten auf der Suche ist, die von diesen Organismen gebildet werden und welche eigentlich den chemischen Vorgang der Gährung zu Stande bringen. Möglicherweise stehen wir der vollständigen Erreichung dieses Zieles näher, als wir hoffen und sind dann auf jenem Punkte angelangt, auf welchem sich die Vertreter der rein chemischen Theorien und jener, welche die Mitwirkung von Organismen als Bedingung der Gährung voraussetzen — versöhnt die Hände reichen können; die Gährungserscheinungen können in diesem Falle wirklich als rein chemische Vorgänge aufgefaßt werden und ist der Organismus in der gährenden Flüssigkeit sodann zur Rolle des chemischen Hilfsarbeiters herabgesunken, welcher die zum Verlaufe des Processes erforderliche Verbindung bereitet.

Die Untersuchungen Pasteur's.

Von dem Augenblick an, in welchem der französische Chemiker Pasteur im Jahre 1860 mit seinen Untersuchungen über das Wesen der Gährung in die Oeffentlichkeit trat, beginnt eine neue Epoche in der Geschichte der Lehre von den Gährungserscheinungen und erscheint uns der Ausspruch nicht zu gewagt, daß von diesem Zeitpunkte an diese Lehre zur Wissenschaft erhoben wurde; der Name Pasteur's wird zu allen Zeiten in der Geschichte der Gährungschemie als einer der glänzendsten genannt werden und sein großes Verdienst immer anerkannt werden müssen — neben Pasteur wird aber auch der Name Schwann den verdienten Ehrenplatz erhalten.

Pasteur hatte, wie wir schon oben kurz auseinander setzten, das Mittel gefunden, die von der Schießbaumwolle zurückgehaltenen Organismen mit Hülfe des Mikroskopes nachzuweisen und lenkte nun vor Allem seine Aufmerksamkeit dahin, seinen Versuchen eine solche Einrichtung zu geben, um in den Stand gesetzt zu sein, die betreffenden Organismen lebend auf gährungsfähige Flüssigkeiten auszusäen und dieselben zur Entwickelung zu bringen. Die Versuche, welche dieser Gelehrte in dieser Richtung unternahm, sind ungemein zahlreiche und zeichnen sich alle durch einen bewunderungswürdigen Scharfsinn in der Ueberwindung der zahllosen Schwierigkeiten, welche sich derartigen Arbeiten immer entgegen setzen, aus. — Bis zur Zeit sind sie noch nicht beendet, obwohl Pasteur schon der Ansicht ist, soweit gekommen zu sein, ganz bestimmte Organismen nach Belieben auf gährungsfähigen Flüssigkeiten aussäen zu können — ein Ausspruch, dessen volle Bestätigung aber noch abzuwarten sein dürfte.

Die Veröffentlichungen Pasteur's über seine Untersuchungen sind so zahlreich, daß sie, in ihrer Gänze dargestellt, für sich allein manchen Band füllen würden und finden sich hauptsächlich in den Schriften dieses Gelehrten über die Alkoholgährung, in seinen Studien über den Essig, den Wein und das Bier niedergelegt. Diese Schriften sind zum größten Theile in unsere Sprache über-

setzt und daher leicht zugänglich. Wir können uns deshalb hier begnügen, die wesentlichsten Ergebnisse der Versuche Pasteur's, soweit sie für die allgemeine Entwickelungsgeschichte der Lehre von den Gährungserscheinungen von Belang sind, anzuführen. Pasteur suchte sich zuerst Gewißheit darüber zu verschaffen, ob denn die Organismen, welche die Gährung veranlassen, überall in der Atmosphäre anzutreffen seien. Zu diesem Behufe brachte er in eine große Zahl von Glasgefäßen Flüssigkeiten, die unter gewöhnlichen Verhältnissen sehr leicht in Gährung übergehen können, erhitzte diese Flüssigkeiten zum Sieden und schloß während des Siedens die Gefäße zu. (Vergleiche Fig. 2.) Diese Gefäße, die man durch mehrere Monate stehen ließ und in welchen sich keine Veränderung bemerken ließ, wurden nunmehr an die verschiedensten Orte gebracht, daselbst durch Abbrechen des zu einer feinen Spitze ausgezogenen Halses geöffnet und nach dem Eindringen der Luft wieder zugeschmolzen.

Das Verhalten der Flüssigkeiten in den auf diese Art behandelten Gefäßen war ein verschiedenes, je nach der Oertlichkeit, an welcher man Luft in dieselben treten ließ. In jenen Gefäßen, welche in Städten oder an tiefer gelegenen Orten geöffnet worden waren, stellten sich beinahe ausnahmslos binnen Kurzem Gährungen ein; in jenen Gefäßen, welche auf hohen Bergen geöffnet und wieder geschlossen wurden, kamen zwar auch Organismen zur Ausbildung, aber der Verlauf der Gährungsvorgänge zeigte aber deutlich, daß die Zahl der mit der Luft eingedrungenen Gährungserreger eine weit geringere war, als bei den in der Tiefe geöffneten Gefäßen. Bei solchen Gefäßen, welche auf sehr hohen Bergen und namentlich in der Nähe von Gletscherschründen geöffnet wurden, kam es vor, daß in der Mehrzahl derselben (unter 20 Gefäßen in 19) gar keine Gährung eintrat — somit die eingedrungene Luft keine Organismen enthielt, welche Gährung veranlassen können.

Wenn auch nicht mit absoluter Gewißheit, so doch mit ziemlicher Bestimmtheit läßt sich aus den Ergebnissen dieser Versuchsreihen der Satz aufstellen, daß in jenen Luftschichten, welche in der Tiefe lagern, die Organismen, welche die Ursache der Gährung sind, weit zahlreicher vorkommen, als in der dünnen Luft der Hochgebirge und daß die höchsten Luftschichten vielleicht ganz frei von denselben sind. Man hat später auch vielfach Versuche aufgestellt, um die Menge der Organismen, die in einem bestimmten Luftquantum enthalten sind, zu bestimmen; diese Versuche sind freilich bis nun ziemlich roh ausgeführt und geschah die Untersuchung auf die Weise, daß man Luft durch ein enges Rohr ansaugte, dessen unteres Ende sich über einem mit Glycerin bestrichenen Glasplättchen befand. So einfach auch diese Arbeiten ausgeführt wurden, haben sie doch zu einem in gewisser Beziehung beachtenswerthen Ergebnisse geführt; sie haben nämlich den Beweis geliefert, daß die Gährungsorganismen beiweitem nicht in so ungeheuren Mengen in der Luft enthalten seien, als man nach den Untersuchungen Pasteur's, welche in Vorstehendem erwähnt wurden, annehmen zu können glaubte.

Nach den neuesten Untersuchungen, welche namentlich Rees und Pasteur neben Anderen über diesen Gegenstand angestellt haben, scheint die Gegenwart fortpflanzungsfähiger Fermentorganismen in der Luft nur eine ganz zufällige zu

sein und sind diese Organismen theils an gewisse höhere Pflanzen gebunden (wie dies z. B. bei den Fermenten der Fall sein dürfte, die sich im Weinmoste ausbilden und welche ihren Sitz auf den Traubenbeeren haben) theils finden wir auch Fermente als Culturpflanzen seit langer Zeit und in zahllosen Generationen künstlich gezüchtet — die gewöhnliche Bierhefe gehört zu letzteren.

In ähnlicher Weise, wie früher Cagniard de Latour und Schwann auf Grund selbstständiger Untersuchungen und ohne daß sie von einander wußten, zu beinahe gleichen Ergebnissen gelangten, finden wir, daß neben Pasteur einem holländischen Chemiker, van den Broek, der Ruhm gebührt, neuerdings die Theorie von der Mitwirkung gewisser Organismen bei der Gährung durch zahlreiche Experimente zu bekräftigen. Wie aus dem bezüglich der Pasteur'schen Untersuchungen und jenen van der Broek's geführten Prioritätsstreite mit Sicherheit hervorgeht, hatte letzterer die Ergebnisse seiner Arbeiten schon vor Pasteur's Auftreten veröffentlicht. — Die Schlüsse, welche van den Broek aus seinen Arbeiten zog, sind jenen Pasteur's beinahe identisch; von besonderer Wichtigkeit ist der von ihm wiederholt ausgeführte schöne Versuch, daß der Saft von Traubenbeeren unter Quecksilber, das von Organismen durch Erhitzen befreit wurde, nicht in Gährung gerieth, wenn man denselben, ohne ihn zu erhitzen, über dem Quecksilber ohne Gegenwart von Luft stehen läßt, daß bei Zufuhr von filtrirter oder geglühter Luft ebenfalls keine Gährung veranlaßt werde, daß aber eine solche eintrete, wenn gewöhnliche Luft zugeführt wird.

Obwohl nun van den Broek entschieden die Priorität vor Pasteur gebührt, dankt die Gährungschemie letzterem die größten Fortschritte, welche sie in unserer Zeit gemacht hat und können wir diesem Gelehrten wohl mit Recht den Neubegründer der jetzt herrschenden Gährungstheorie nennen.

Die lange Reihe der Untersuchungen über die Ursachen der Gährungserscheinungen, welche mit Erxleben beginnt und welche wir für unsere Zeit mit dem Siege der Pasteur'schen Theorie abgeschlossen erklären können, hat uns gezeigt, daß die Gährungserscheinungen mit dem Lebensprocesse von niederen Organismen in untrennbarem Zusammenhange stehen und ist dieser Satz auch derjenige, welcher die jetzt geltende Theorie in ihrer weitesten Fassung zum Ausdrucke bringt.

Mit der Feststellung dieser Theorie beginnt auch zugleich jene Zeit, welche man als die Periode der chemisch-physiologischen Untersuchungen über die Fermente bezeichnen könnte. Die Botaniker beschäftigen sich schon seit längerer Zeit mit der Feststellung der botanischen Natur jener niederen Organismen, welche in gährenden Flüssigkeiten vorkommen — die Chemiker arbeiteten in der Richtung, zu ermitteln, welcher Art die Produkte seien, die bei dem Gährungsvorgange gebildet werden; Chemiker und Pflanzenphysiologen im Vereine sind bemüht, die Lebensbedingungen dieser Organismen aufzusuchen.

So groß auch die Summe von Thatsachen ist, welche von Seiten der verschiedenen Forscher über diese Fragen festgestellt wurden, so sind dieselben in unserer Zeit noch weit davon entfernt, als abgeschlossen zu gelten; das Bild,

welches wir uns gegenwärtig über das Wesen und die Functionen der Gährungs-Organismen zu machen im Stande sind, ist noch ein sehr mangelhaftes und harrt noch eine große Zahl von wichtigen Fragen der entgültigen Entscheidung. Dieses gilt selbst für jene Gährungserscheinung, die noch am Besten studirt ist, für die sogenannte geistige Gährung. Für gewisse Gährungsvorgänge — wie z. B. jene, welche die Erscheinungen der Fäulniß vorführen, sind kaum dürftige Anfänge wissenschaftlicher Untersuchungen vorhanden und müssen wir die Lösung dieser Fragen von der Zukunft erwarten.

Wir sind in unserer Darlegung der verschiedenen Theorien, welche im Laufe der Zeit über die Ursachen der Gährungsvorgänge aufgestellt wurden, bis in die neueste Zeit gelangt; darüber, daß die Gährung unter Mitwirkung von Organismen erfolge, sind alle Forscher, welche sich mit diesem Gegenstand beschäftigten, einig geworden, und beziehen sich die neueren Untersuchungen sämmtlich auf die morphologischen, chemischen und physiologischen Verhältnisse, welche für die Gährungsorganismen maßgebend sind. Die Untersuchungen der Gelehrten unserer Zeit über die eben genannten Verhältnisse sind aber so eng mit einander verflochten, daß wir dieselben nicht mehr nach einander, sondern neben einander betrachten müssen; wir sehen uns daher gezwungen, an dieser Stelle den Faden der geschichtlichen Darstellung abzubrechen, um uns mit den Arbeiten der Forscher auf den verschiedenen Gebieten zu beschäftigen.

Bevor wir an die Darstellung der gegenwärtig herrschenden Gährungstheorie gehen, haben wir noch einige Worte über die Entwicklung der Anschauungen in der neuesten Zeit zu sagen. Der letzte Angriff, welcher von hervorragender Seite gegen die neue Theorie gemacht wurde, rührt wieder von jenem Chemiker her, dessen Autorität die Ursache war, daß die von ihm aufgestellte Theorie durch so lange Zeit als die richtige anerkannt wurde. — Liebig veröffentlichte im Jahre 1870 Untersuchungen, welche abermals Bezug auf die Gährungstheorie hatten. Wir können die Einwände, welche Liebig der neuen Theorie entgegensetzte, mit Stillschweigen übergehen. — Der große Forscher suchte eine Sache, die nicht mehr zu halten war, zu retten und betrat daher den Weg der Concessionen; wenn es Liebig vergönnt gewesen wäre, unsere Zeit zu erleben, so würde er wohl durch die Wucht der Thatsachen endlich doch zur Anerkennung der neuen Theorie gezwungen worden sein.

Wir bemerken überhaupt in der Geschichte der Gährungstheorien, daß der Widerstreit der Ansichten in den verschiedenen Zeitaltern nie geruht habe — ein Beweis dafür, daß die einzelnen Forscher stets das Unzulängliche ihrer Theorien entweder selbst erkannten, oder letztere doch nicht jene überzeugende Beweiskraft besaßen, um allgemein angenommen zu werden. Auch in unserer Zeit ist es so; die Forscher sind zwar alle darüber einig, daß die Gährung ein chemisch — physiologischer Vorgang sei, allein über die Art und Weise, wie die Fermente bei der Gährung wirken, herrschen noch die verschiedenartigsten Ansichten — die einander zum Theil direct widersprechen. Gerade aber diese Verschiedenheit der Meinungen Seitens der einzelnen Forscher übt den besten Einfluß auf die Entwickelung der Lehre von den Gährungserscheinungen aus; jeder Forscher sucht

seiner Anschauung begreiflicher Weise die Alleinherrschaft zu erringen und stellt Untersuchungen an, um das Beweismaterial für die Richtigkeit seiner Aussprüche herbeizuschaffen — indirect dient er dadurch der Wissenschaft, indem sich aus den Summen von Thatsachen, welche auf diese Weise gefunden werden, endlich eine klare Anschauung über die Gährungsvorgänge herausbilden muß.

In neuester Zeit haben sich neben Pasteur, welcher auf dem Gebiete der Lehre von den Gährungserscheinungen unermüdlich thätig ist, eine Zahl von Männern verdient gemacht, deren Arbeiten dazu beitragen, die Kenntniß von den Gährungserscheinungen wesentlich zu erweitern. In dieser Beziehung sind ganz besonders die Namen: Rees, Traube, A. Mayer, Brefeld, Wiesner u. s. w. hervorzuheben, welche sich sowohl um den Chemismus der Gährungserscheinungen, als um die botanischen und physiologischen Verhältnisse der Gährungsorganismen verdient gemacht haben. In Bezug auf die technische Seite dieser Frage — welche, wie leicht einzusehen, für die Practiker die wichtigere ist, wirkt ganz besonders Blankenhorn und die von ihm geleitete Anstalt in Carlsruhe, und sind auch in neuerer Zeit Untersuchungen, welche für die Praxis von Bedeutung sind, Seitens des Carlsberger Laboratoriums veröffentlicht worden.

In eine ganz neue Phase scheint die Frage über die Gährungserscheinungen seit der Veröffentlichung des neuesten Werkes von Pasteur: Studien über das Bier (veröffentlicht 1876) getreten zu sein und zwar in ein solches, welches uns zeigt, daß manche Fragen, die man für gelöst hielt, neue Arbeiten erheischen — um wirklich als gelöst gelten zu können. Wie sich nämlich aus den nachfolgenden Darlegungen ergeben wird, war man einige Zeit durch der Ansicht, daß durch die Arbeiten von Rees über die botanische Natur der Gährungsorganismen die Frage wenigstens in dieser Richtung eine befriedigende Lösung erfahren habe; in dem eben erwähnten Werke zeigt aber Pasteur, daß die Zahl der von Rees aufgefundenen verschiedenen Gährungsorganismen durchaus nicht alle Wesen, die bei der geistigen Gährung thätig sind, umfasse, sondern daß die Zahl derselben eine viel größere sei, als man bisher annahm. Bei einem so scharfen Beobachter, wie es Pasteur ist, können wir in der Hauptsache wenigstens nicht annehmen, daß alle neuen Aufstellungen auf Irrthümern beruhen — es wird daher die Aufgabe der nächsten Zukunft sein, die Arbeiten Pasteurs zu wiederholen und die Ergebnisse derselben für die Lehre von der Gährung zu benutzen.

Pasteur hält sich in seinen Untersuchungen strenge an sein specielles Fachgebiet, er betrachtet daher die Gährungserscheinungen speciell vom chemischen Standpunkte, ohne sich eingehend mit der botanischen Seite zu befassen, selbst die physiologischen Fragen — obwohl dieselben mit den chemischen in innigster Beziehung stehen, werden von diesem Gelehrten nicht mit solcher Ausführlichkeit behandelt, wie es die Wichtigkeit des Gegenstandes erfordert.

Die Schwierigkeit der Untersuchungen über das Wesen der Gährung liegt eben darin, daß bei denselben Momente in Betracht kommen, welche sowohl die botanische, als die chemische und physiologische Seite betreffen, und es ganz unmöglich ist, daß ein und derselbe Forscher alle Zweige der genannten Wissensgebiete beherrsche. Neben der wissenschaftlichen Seite ist aber gerade bei diesem

Gegenstand die technische von größter Wichtigkeit, und wäre es höchst wünschenswerth, daß die Praktiker ihre gewiß werthvollen Beobachtungen über den Verlauf der Gährungsvorgänge, den Fachgelehrten mittheilen würden; Theorie und Praxis würden sich hierdurch wechselseitig ergänzen, und die Lösung von Fragen, welche für eine große Zahl ausgedehnter Gewerbe gradezu Lebensfragen sind, rasch herbeiführen.

Die Untersuchungen, welche Nägeli in jüngster Zeit über die Gährung veröffentlicht hat, sind so eigenartig, daß sie auf die Lehre von den Gährungserscheinungen im Allgemeinen einen sehr weit gehenden Einfluß ausüben müssen. Nägeli stellt auf Grund dieser Untersuchungen eine ganz neue Gährungstheorie auf, welche wir erst an späterer Stelle ausführlich besprechen können, da sie die Kenntniß der botanischen und chemische Verhältnisse der Gährungsorganismen voraussetzt . . . . Ein Urtheil über den Werth dieser neuen Theorie abzugeben ist gegenwärtig noch unmöglich — nicht die Kritik in Worten — nur die durch Versuche begründete Kritik wird die Entscheidung treffen können.

Der Ursprung der Ferment- oder Gährungs-Organismen.

Schon die vorstehenden Thatsachen über das Wesen der Gährungserscheinungen haben uns mit ziemlicher Sicherheit gezeigt, daß in allen jenen Fällen, in welchen man in einer gährenden Flüssigkeit die Existenz eines organisirten Körpers nachzuweisen im Stande ist — (wir kennen auch gewisse Erscheinungen, die man auch zu den Gährungen rechnet, bei denen aber blos chemische Verbindungen in Wechselwirkung treten — Erscheinungen, die man zweckentsprechender als gährungsähnliche bezeichnen sollte —) es auch zugleich möglich ist, den Nachweis zu führen, daß diese Organismen oder deren Keime von außen in die Flüssigkeit gelangt seien. Die Untersuchungen, welche in neuester Zeit über diesen Gegenstand angestellt wurden, haben in vielen Fällen, welche noch des Beweises bedurften, daß das Hinzutreten von Organismen erforderlich sei, um Gährung und Ausbildung neuer Organismen zu bewirken — auch diesen Beweis beigebracht. Man kann demnach wohl mit Sicherheit behaupten, daß jeder Gährungsakt, bei welchem organisirte Fermente mitwirken, nur durch eine Infection der Flüssigkeit von außen her bewirkt werde.

Ueber die Herkunft der Fermentorganismen kann wohl gegenwärtig auch nicht mehr der geringste Zweifel herrschen; wir wissen aus den Untersuchungen der Luft, daß sich in derselben überall Keime von Fermenten vorfinden; neuere mikroskopische Arbeiten haben den Beweis geliefert, daß die Keime der Fermente als Parasiten auf den verschiedensten Pflanzen leben und des Momentes harren, in welchem die Verhältnisse ihrer Entwickelung günstig werden. Wir können mit ziemlicher Bestimmtheit sagen, daß die Fermentorganismen überhaupt jene sind, welche in Bezug auf Zahl alle anderen lebenden Wesen auf der Erde übertreffen. — Dieser Umstand, die außerordentliche Lebensfähigkeit, welche diese Organismen auszeichnet und endlich ihre Fähigkeit, völlig ausgetrocknet ihr Leben viel länger zu bewahren, als alle anderen lebenden Wesen, gibt uns volle Ge-

wißheit, daß man wohl an keinem Punkte der Erde an Fermentkeimen Mangel leiden könne. Wir verdanken den scharfsinnigen Nachweis über die Allgegenwart der Fermentkeime den Forschungen Pasteur's — welcher sie zum Theile aus dem Grunde angestellt hat, um die Theorie von der sogenannten Urzeugung — bei welcher das Entstehen organisirter Körper aus nicht organisirten angenommen wird, zu widerlegen. Selbst der größte Gegner Pasteur's wird zugestehen müssen, daß dieser Nachweis Pasteur für die Gährungserscheinungen beinahe völlig und in glänzender Weise gelungen ist; für die Frage der Gährungsvorgänge — soweit uns dieselben bis nun überhaupt geläufig sind, hat jeder Forscher die volle Ueberzeugung, daß die Keime der Fermente von außen in die Flüssigkeit gebracht werden müssen und sich in derselben nicht durch Urzeugung entwickeln können.

Pasteur und mit ihm seine Schule gehen aber viel weiter und begnügen sich nicht damit, den Beweis hergestellt zu haben, daß bei der Gährung keine Urzeugung statt habe — sie leugnen absolut die Möglichkeit der Urzeugung. Wir können und wollen ihnen in diesem Werke nicht in Bezug auf diese Frage folgen, indem dieselbe nach unserer Anschauung gar nicht in das Gebiet der Erfahrungswissenschaften, sondern ausschließlich in das der Philosophie gehört. Für unsere Zwecke genügt es völlig, daß der Beweis: Gährung finde nur unter Mitwirkung von Organismen statt, die aus Samen entstanden sind, in solcher Weise erbracht ist, daß Niemand Gründe beibringen kann, welche uns zum Aufgeben dieser Ansicht nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens veranlassen könnten.

Wir sind in der Darlegung der geschichtlichen Entwicklung der Lehre von den Gährungserscheinungen bei der Gegenwart angelangt und haben gesehen, daß sich aus den widerstreitenden Ansichten über das Wesen der Gährungsvorgänge schließlich doch eine Anschauung herausgebildet hat, welche — in ihren weitesten Umrissen wenigstens — gegenwärtig von allen, die sich mit dem Studium der Gährungserscheinungen beschäftigen, als richtig anerkannt wird. Es ist schwierig, diese Anschauung so in Worte zu kleiden, daß sie allgemeine Zustimmung findet; vielleicht läßt sich dieselbe in folgende Form bringen: Unter Gährung versteht man gegenwärtig eine Reihe von chemischen Veränderungen, welche unter Einflußnahme von Organismen vor sich gehen.

Bevor wir uns der Darstellung der Gährungsvorgänge von diesem Gesichtspunkte — dem chemisch-physiologischen aus — zuwenden, erscheint es uns von Wichtigkeit, uns zuerst mit den Gährungsorganismen in morphologischer Beziehung zu beschäftigen, und wählen wir auch hier wieder den Weg der geschichtlichen Darstellung, weil sich hierdurch am deutlichsten das allmählige Vorschreiten unserer Kenntnisse erkennen läßt.

III. Die Gährungs-Organismen in morphologischer Beziehung.

Von dem Zeitpunkte angefangen, in welchem der Satz, daß bei jedem Gährungsvorgange lebende Wesen mitwirken, allgemein anerkannt wurde, mußte sich auch die Aufmerksamkeit der Forscher der Erörterung der Frage zuwenden: welche Stellung eigentlich diesen Organismen im Reiche der Natur zuzuweisen sei? Die Lösung dieser Frage steht heute noch, trotz der zahlreichen Arbeiten, welche gerade über diesen Gegenstand vorliegen, auf einem höchst primitiven Standpunkte; über gewisse Organismen, die bei bestimmten Gährungsvorgängen auftreten, sind wir noch nicht so weit gelangt, um mit voller Sicherheit darüber entscheiden zu können, ob dieselben thierischer oder pflanzlicher Natur seien, indem gerade dieser Gruppe von Lebewesen, die ohne Ausnahme zu den einfachst gebauten Organismen gehören, die wir kennen, so viele Eigenschaften zukommen, welche wir sowohl bei Pflanzen als bei Thieren antreffen, daß die Entscheidung über die Frage: ob Thier, ob Pflanze? ungemein schwierig wird. — Nach den meisten Arbeiten über das Leben dieser Organismen möchte man sich beinahe versucht fühlen, manchen derselben eine Stellung zuzuweisen, welche einem Mittelding zwischen Thier und Pflanze entspricht. Es sei aber an dieser Stelle gleich hervorgehoben, daß dieser Satz nur für gewisse Gährungsorganismen und zwar gerade für solche Geltung hat, welche bis nun noch sehr wenig studirt sind; die näheren Untersuchungen über diese Gährungsvorgänge werden zweifellos auch diesen Organismen einen bestimmten Platz in der Reihe der Pflanzen oder Thiere zuweisen.

Nach dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntniß steht es jedoch fest, daß die Organismen, die bei den wichtigsten Gährungsvorgängen, namentlich bei jenen, welche wir als die sogenannte geistige Gährung bezeichnen, mitwirken, bestimmt zu den Pflanzen gehören und ist die pflanzliche Natur derselben von allen Forschern anerkannt; nicht so bestimmt läßt sich aber das gleiche von manchen anderen Organismen sagen und wird bei diesen die Untersuchung noch durch die außerordentlich geringe Größe der betreffenden Körper erschwert. Alle Gährungsorganismen gehören ohne Ausnahme zu jenen Lebewesen, welche nur mit Hülfe von starken Mikroskopen deutlich wahrgenommen werden können;

manche derselben sind aber von so geringer Größe, daß sie selbst bei den stärksten Vergrößerungen, die wir mit unseren Mikroskopen erzielen können, nur als Punkte erscheinen. — Wenn es nicht den Fortschritten der Optik gelingt, Mikroskope zu construiren, welche die besten Instrumente der Gegenwart um ein Bedeutendes an Leistungsfähigkeit übertreffen, so läßt sich von dieser Seite wenig für die Lösung der Frage über die Natur gewisser Gährungsorganismen hoffen, und ist eine solche nur von Seite der Chemie und Physiologie zu erwarten.

In der Praxis spricht man bekanntlich nicht von den Gährungsorganismen, sondern immer nur von der „Hefe". — Wenn nun auch dieser Ausdruck, schon seiner Kürze wegen, alle Berechtigung besitzt, so dürfen wir denselben nicht unbedingt anwenden. Unter „Hefe" versteht man streng genommen, die Summe aller festen Körper, welche sich bei der Gährung einer Flüssigkeit ausscheiden; diese Ausscheidungen sind aber sehr mannigfaltiger Art und hängen ganz von der ursprünglichen Beschaffenheit der Flüssigkeit ab, in welcher sich die „Hefe" gebildet hat. Wir finden in der „Hefe" neben den Gährungsorganismen immer eine Menge nicht organisirter Körper, ganz besonders Eiweißstoffe und Salzkrystalle; in der „Hefe" gegohrener Fruchtsäfte kommen außer den schon genannten Körpern noch Reste von Pflanzentheilen, Farbstoffe u. s. w. vor.

Es würde viel zweckmäßiger sein, in diesem Falle an Stelle des Wortes „Hefe" den richtigeren Ausdruck „Gährlager" allgemeiner anzuwenden, als dieses gegenwärtig geschieht und den Ausdruck „Hefe" als eine kürzere Bezeichnung für „Gährungsorganismen" beizubehalten; der allgemeine Sprachgebrauch hat aber einmal diese beiden Ausdrücke angenommen, und werden dieselben in der Praxis oft miteinander verwechselt. In diesem Abschnitte unseres Werkes wollen wir jedoch den Ausdruck „Gährungsorganismen" als jenen, welcher keinen Irrthum zuläßt, beibehalten.

Erste Kenntnisse über die Gährungsorganismen.

Wie schon erwähnt wurde, kann Leuwenhoeck als der erste betrachtet werden, welcher in gährenden Flüssigkeiten organisirte Körper erkannte; das Wissen über die Gährungsvorgänge jener Zeit war aber durchaus kein solches, daß der genannte Forscher auch nur eine Ahnung über den Zusammenhang der von ihm entdeckten Organismen mit der Gährung haben konnte. Wie wenig Werth die Beobachtung Leuwenhoeck's übrigens in wissenschaftlicher Beziehung hat, erhellt — wie oben bemerkt — schon aus dem Umstand, daß er die Gährungsorganismen und die Stärkekörner für ein und dasselbe hielt, ein Irrthum — der wohl hauptsächlich der Unvollkommenheit der Mikroskope, deren sich Leuwenhoeck bediente, zuzuschreiben sein dürfte.

Wie wenig Beachtung übrigens die in gährenden Flüssigkeiten nie fehlenden Organismen selbst bis in die neueste Zeit fanden, geht aus der im vorhergehenden Abschnitte gegebenen Darstellung der Gährungsvorgänge hervor; noch im Jahre 1870 versuchte Liebig, welcher ursprünglich die Anwesenheit von Organismen in gährenden Flüssigkeiten für etwas Zufälliges und Nebensächliches er-

klärte, der Frage dadurch auszuweichen, daß er zwar den Zusammenhang der Gährung mit der Entwickelung von Organismen nicht mehr in Abrede stellte, aber dennoch in so fern an einer chemischen Erklärung der Gährungsvorgänge festhielt, als er dabei stehen blieb, daß es gewisse von den Organismen producirte chemische Verbindungen seien, welche als die eigentliche Ursache der Gährung anzusehen sind.

Wir werden noch Gelegenheit haben, auf diesen Satz, der auch in neuerer Zeit wieder aufgestellt wird, zurückzukommen, und kehren zu unserem Gegenstand zurück.

Der von Thénard ausgesprochene Satz, daß die Hefe „animalischer Natur" sei, darf nicht so gedeutet werden, als wenn dieser Gelehrte damit die Anschauung verbreiten wollte, daß die Hefe ein „thierischer Organismus" sei; — er bezieht sich auf den Reichthum der Hefe an Stickstoff und auf die irrige Ansicht, daß stickstoffhaltige Verbindungen vorzugsweise nur in thierischen Organismen anzutreffen seien.

Erst mit dem Auftreten Erxleben's im Jahre 1818 gewinnt eine bestimmte Anschauung über die in gährenden Flüssigkeiten anwesenden Organismen ihre Bedeutung, indem jetzt zum ersten Male die Hefe als ein Organismus erklärt wird, der durch seine Vegetation die Gährung bedinge. — Es bedurfte erst neuerer Untersuchungen über diesen Gegenstand, bevor man den Ausspruch Erxleben's wieder aus dem Staube der Vergessenheit hervorzog — Persoon veröffentlichte 1822 seine Beobachtungen über die Gährungsorganismen — Desmazières studirte 1825 die Organismen der geistigen Gährung und der Kahngährung, hielt dieselben aber nicht für Pflanzen, sondern für Thiere.

Mit der Veröffentlichung der Entdeckungen Cagniard de Latour's und Schwann's war nicht nur der neuen Gährungstheorie endgültig die Bahn gebrochen, sondern ist von diesem Zeitpunkte an der Beginn wissenschaftlicher Untersuchungen über die Natur, das Wachsthum und die Fortpflanzung der Gährungsorganismen zu datiren. Cagniard de Latour erklärte die Gährungsorganismen blos auf die Wahrnehmung hin, daß dieselben keine äußerliche Bewegung zeigen, für Pflanzen; — Schwann, welcher sich schon eingehender mit dieser Frage beschäftigte und, wie gezeigt wurde, durch das Studium der Einwirkung verschiedenartiger Gifte auf die Organismen zu lösen suchte, kam ebenfalls dahin, die bei der Gährung thätigen Wesen als Pflanzen zu erklären. Cagniard und Schwann waren aber Chemiker und studirten dem entsprechend die Gährungserscheinungen hauptsächlich vom chemischen Standpunkt; erst als die Botaniker anfingen, sich mit den Gährungsorganismen zu beschäftigen, rückte die Frage über die Natur dieser Wesen, freilich begleitet von vielen später ganz oder theilweise widerlegten Aussprüchen, ihrer Lösung näher.

Die Untersuchungen von Mitscherlich.

Die ersten eingehenden Untersuchungen über die Natur der in gährenden Flüssigkeiten lebenden Wesen nebst den Anfängen deren chemische Verhältnisse zu ermitteln, verdanken wir jedoch abermals einem Chemiker: Mitscherlich. — Die

Arbeiten Mitscherlich's haben aus dem Grunde die größte Bedeutung, weil wir dieselben als Basis aller weiteren Arbeiten auf diesem Gebiete ansehen müssen. —

Im Jahre 1813 that schon Astier den Ausspruch, der Gährungsstoff sei ein lebender Körper, welcher sich auf Kosten des Zuckers ernährt und dadurch eine Störung im Gleichgewicht des letzteren herbeiführt.

Kieser hatte schon 1814 die Hefe als eine organisirte Substanz erkannt und beschreibt sie als aus kugeligen Körpern bestehend, welche keine Bewegung besitzen. Desmazières beobachtete schon die eigenthümlichen Bewegungen, welche die winzigen Organismen zeigen — Bewegungen, die übrigens allen niederen Organismen zukommen und gegenwärtig als sogenannte Molecularbewegungen bekannt sind. (Sie werden theils durch unseren Sinnen unmerkliche Erschütterungen der Flüssigkeit, in welcher die Organismen schwimmen, theils durch Strömungen im Inneren derselben hervorgerufen). In jener Zeit, in welcher es noch als feststehend angenommen wurde, daß Bewegungen ausschließend an thierischen Wesen beobachtet werden, erscheint uns daher der Irrthum, durch welchen die Gährungsorganismen zu den Thieren gezählt werden, wohl erklärbar.

Persoon hatte schon 1822 (somit nach Erxleben, dessen Verdienst, die Natur der Gährungspflanzen zuerst richtig erkannt zu haben, immer aufrecht erhalten bleiben muß) Untersuchungen über die in gährenden Flüssigkeiten vorkommenden Wesen angestellt; seine Untersuchungen waren aber gleich jenen, welche Desmazières ausgeführt hatte, nicht von solchen Ergebnissen begleitet, daß sie die Kenntnisse über die Hefeorganismen wesentlich gefördert hätten.

Erst Mitscherlich war es, welcher den in gährenden Flüssigkeiten lebenden Organismen die volle Aufmerksamkeit zuwendete und dieselben nicht nur in chemischer Beziehung, sondern was uns gegenwärtig am meisten interessirt, auch in Bezug auf ihre Gestalt und Fortpflanzung einer eingehenden Untersuchung unterzog und verdanken wir ihm die ersten genaueren Nachrichten über die Entwickelungsgeschichte dieser Organismen. Nach seinen Beobachtungen besteht die gewöhnliche Bierhefe aus einer Unzahl von winzigen Zellen, welche mehr oder weniger eine der Kugel- oder Eiform nahekommende Gestalt besitzen. Diese Zahlen bestehen aus einer Hülle, welche einen flüssigen Inhalt besitzt, in welchem sich auch feste Körper unterscheiden lassen.

Die Vermehrung dieser Zellen erfolgt auf die Weise, daß eine derselben — eine Mutterzelle an irgend einer Stelle eine Ausbauchung bekommt, die sich immer mehr vergrößert und nach einiger Zeit zu einer neuen Zelle entwickelt (Tochterzelle), welche in Bezug auf ihre Eigenschaften sich in Nichts von der Mutterzelle unterscheidet, aus welcher sie hervorgegangen ist. Binnen kurzer Zeit hat sich die Tochterzelle selbst so weit ausgebildet, daß auch sie fortpflanzungsfähig erscheint und nunmehr ihrerseits neue Zellen zu produciren vermag. In Folge dieser beständigen Vermehrung der Zellen entstehen nun Haufen derselben, die aneinander hängen, so lange die Flüssigkeit, in welcher sie schweben, keine starken Erschütterungen erleidet. Gegenwärtig bezeichnet man diese auseinander hervorgegangenen Zellen mit dem Namen der Sproßverbände. Mitscherlich

beobachtete schon mit Hülfe des Mikroskopes die ungemein rasche Vermehrung dieser Zellen und giebt hierfür folgende Daten:

Eine Zelle bildete sich innerhalb neun Stunden zu zwei neuen aus; nach sechszehn Stunden waren aber in Folge der Vermehrung schon neun Zellen vor-

Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

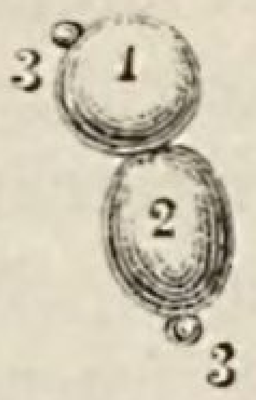


Fig. 7.

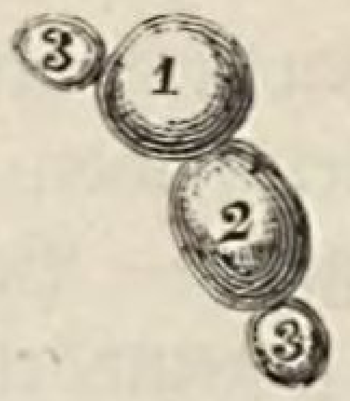


Fig. 8.

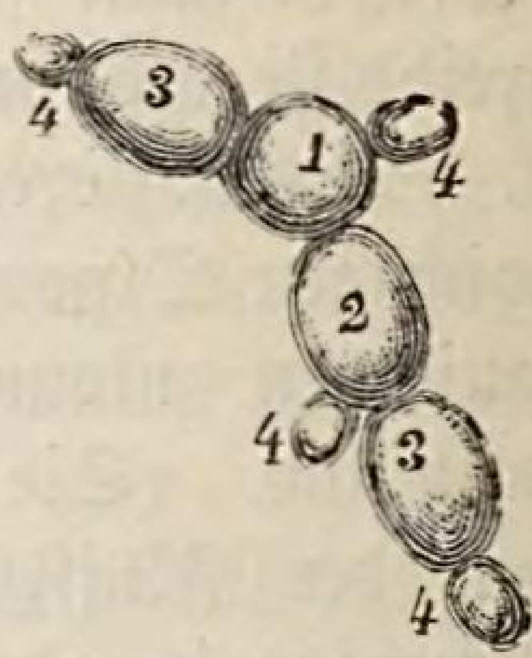


Fig. 9.

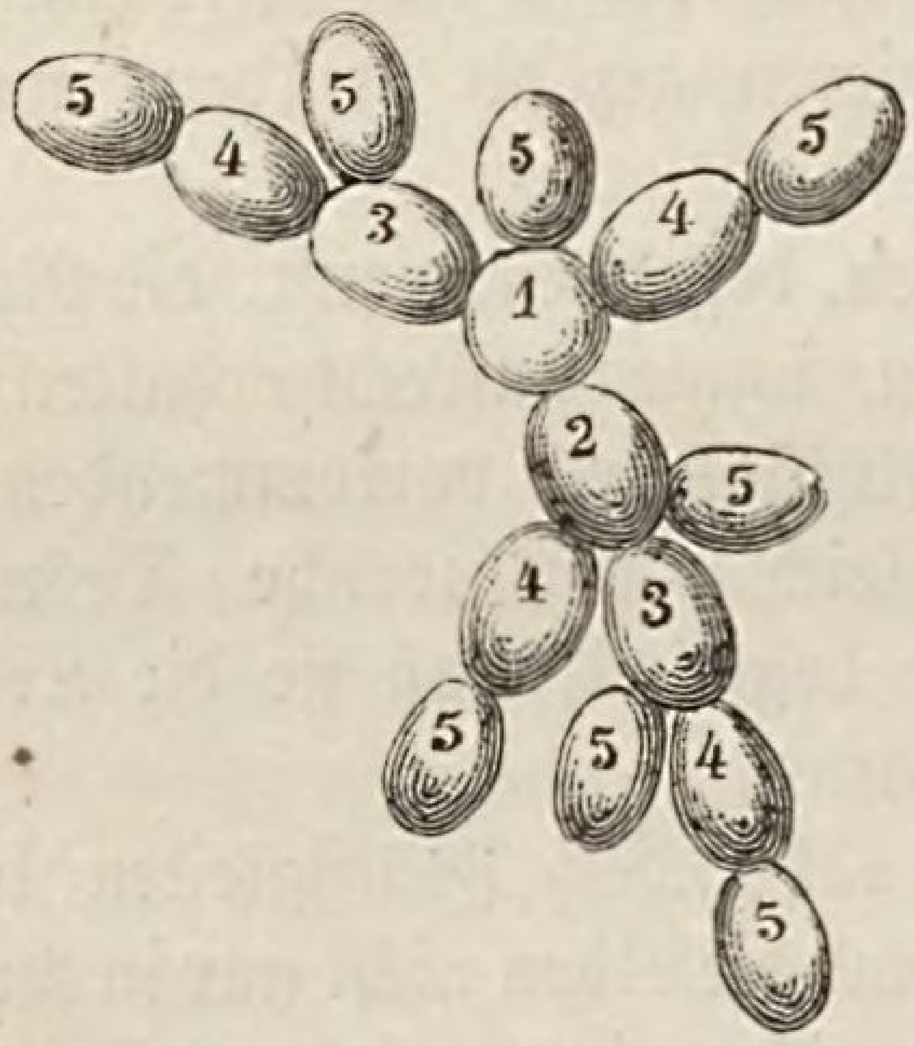


Fig. 10.

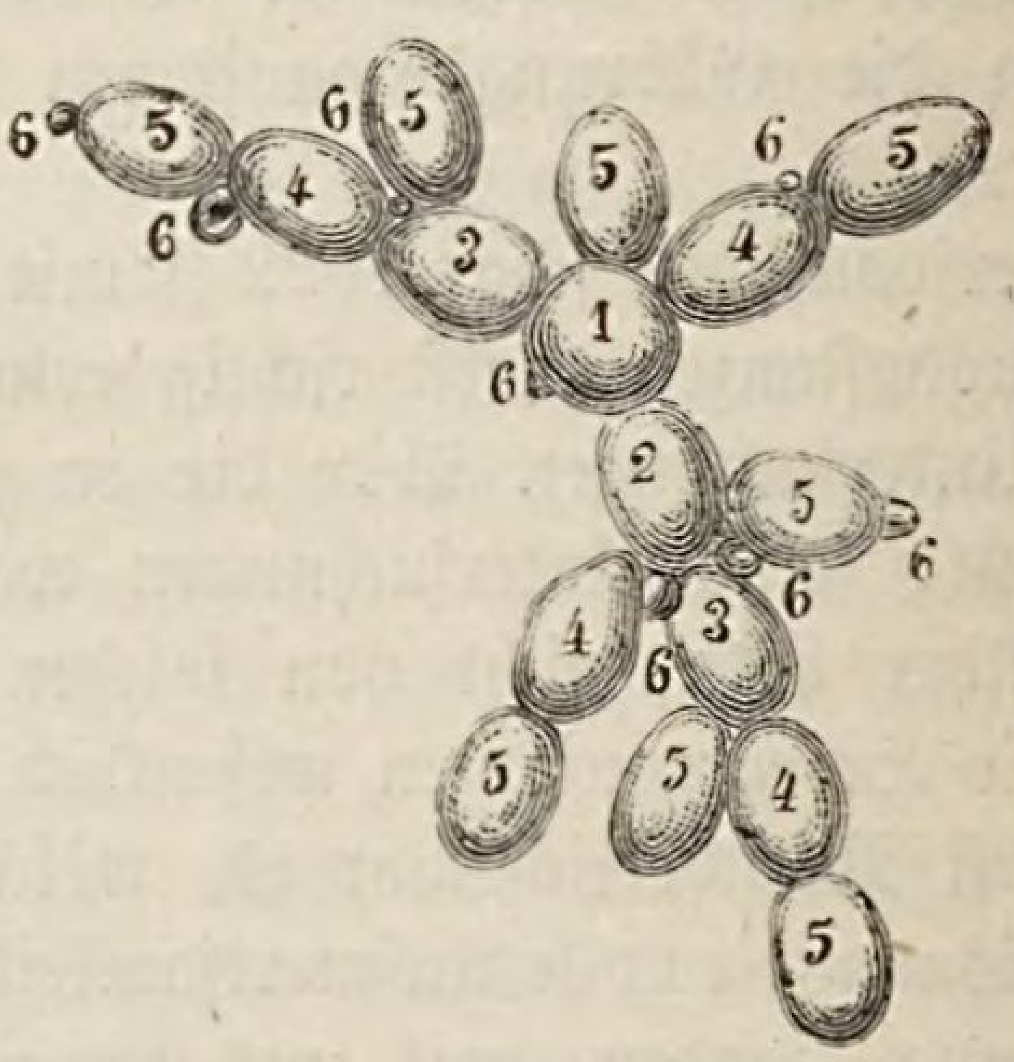
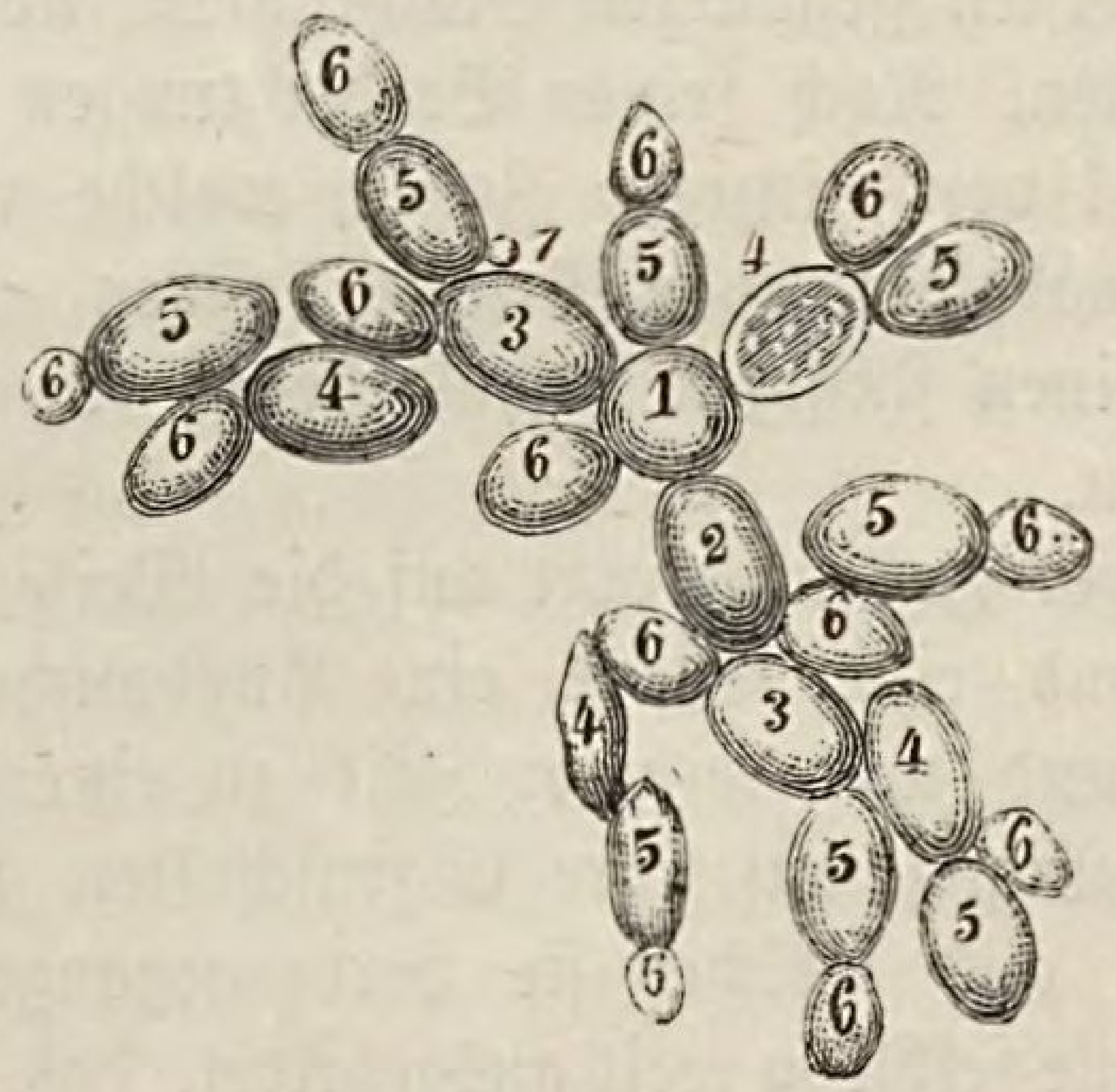


Fig. 11.



Entwickelung der Hefezellen nach Mitscherlich.

handen, die in einer Zeit von 21 Stunden, von Anfang der Beobachtung gerechnet, völlig ausgebildet waren. Im Laufe von 36 Stunden waren im Ganzen 24 Zellen vorhanden und nach 57 Stunden waren schon im Ganzen sieben

Generationen von Zellen vorhanden. Die vorstehenden Abbildungen (Fig. 4 bis 11) zeigen die Art der Vermehrung dieser Zellen an; die Zahlen, welche an den einzelnen Abbildungen ersichtlich sind, zeigen an, welcher Generation die betreffende Zelle angehört.

Neben diesen schätzbaren Beobachtungen verdanken wir auch Mitscherlich den genauen Unterschied zwischen der Oberhefe und der Unterhefe. Er erkannte, daß die Art der Gährung eine wesentlich andere sei, wenn man die Temperatur, in welcher die gährende Flüssigkeit sich befindet, ändert. Bei höherer Temperatur geht die Vermehrung der Organismen rasch vor sich — die Zellen werden an die Oberfläche der Flüssigkeit gehoben und erscheinen dann als Oberhefe; erniedrigt man die Temperatur, so bleiben die Zellen am Boden der Gefäße liegen und bilden die Unterhefe. Man hat der Unterhefe auch eine andere Vermehrungsart zugeschrieben, als der Oberhefe. Während sich nämlich letztere durch Sprossung vermehrt, soll die Unterhefe einen körnigen Inhalt bekommen, welcher, nachdem die Membrane derselben geplatzt ist, sich zu neuen Zellen entwickelt — eine Angabe, die sich durch neuere Untersuchungen als nicht richtig erwiesen hat.

Während Mitscherlich diese beiden Arten von Hefe annahm, stellten andere Forscher, wie z. B. Bail, Hoffmann u. A., die Existenz zweier besonderer Arten von Hefe in Abrede und ist nach ihnen der Unterschied nur darin zu suchen, daß die sogenannte Unterhefe die eigentliche fertige Pflanze darstelle, indeß die Oberhefe erst eine in Ausbildung begriffene Pflanze sei. Dieser Anschauung entsprechend nahm man an, daß die Oberhefe noch so dünne Membranen besitze, daß sie die Knospenbildung gestatte; bei der Unterhefe sollten die Membranen jedoch schon so dick und unelastisch geworden sein, daß sie nicht mehr Elasticität genug besaß, um die Ausdehnung und Neubildung von Zellen zu gestatten; im Inneren der Zellen sollten sich eine größere Zahl von kleinen Zellen ausbilden, welche schließlich die Membrane der Mutterzelle zum Bersten bringen und sich nach ihrem Austritte zu neuen Zellen entwickeln. Nach neuen Untersuchungen hat sich, wie gesagt, die eben erwähnte Anschauung als unrichtig erwiesen und ist der Irrthum vielleicht dadurch entstanden, daß von den einzelnen Beobachtern zwar wirklich die Ausbildung von Zellen im Innern einer Mutterzelle gesehen wurde, und diese Erscheinung eine falsche Deutung erhalten hat.

Wenn sich auch die Anschauung, daß die Organismen mit dem Vorgange der Gährung in ursächlichem Zusammenhange stehen, trotz der Untersuchungen von Schwann, Mitscherlich und Anderen bis zum Auftreten Pasteur's keine Geltung verschaffen konnte, unterschieden die Praktiker doch schon seit Langem ganz bestimmt zwischen zwei Hefegattungen: der Oberhefe und der Unterhefe und wußte man die eine oder andere dieser Hefearten hervorzubringen, wie es eben der Bedarf erforderte. Daß man auch Seitens der Praktiker der Wirkung der verschiedenen Hefegattungen große Aufmerksamkeit schenkte, geht schon aus dem mächtigen Umschwung hervor, welchen die Brauerei in neuerer Zeit erfahren hat. Man ist bekanntlich zur Erkenntniß gelangt, daß die Biere, welche mittels der Unterhefe dargestellt werden, weit feiner schmecken und viel haltbarer sind,

als jene, zu deren Darstellung Oberhefe verwendet wurde — ein praktisches Ergebniß, welches offenbar nur durch die genaue Beobachtung der Erscheinungen bei der Gährung erzielt werden konnte.

Daß die Praktiker sich nicht um die botanische Natur der Hefe kümmerten und die Frage: ob Unter- oder Oberhefe ein und dasselbe sei, für sie kein Interesse hatte und auch für sie ziemlich belanglos war, ist leicht einzusehen. Es geschah daher durch viele Jahre kein Schritt, welcher diese Frage auch nur im Geringsten gefördert hätte. Während die Organismen, welche man in gährenden Bier- und Branntweinmaischen fand, mit einander die größte Aehnlichkeit zeigten und vollkommen den Begriffen von der Ober- oder Unterhefe entsprachen, unterschied man schon — wenn auch in unbestimmter Weise, jene Organismen, welche in gährenden Fruchtsäften, z. B. in Weinmost, zur Entwicklung kommen, von jenen des Bieres und des Branntweines. Man wußte durch aufmerksame mikroskopische Beobachtungen ganz wohl, daß die im Moste lebenden Organismen zwar in der Hauptform jenen des Bieres und des Branntweines gleichen, aber immer eine etwas geringere Größe besitzen als diese, und schrieb den Unterschied aber den ungünstigeren Ernährungsverhältnissen zu, welche die Organismen im Weinmoste im Vergleiche mit jenen, welche in der Bierwürze leben, finden sollten. Wenn wir den Stand der Frage bis zu jenem Zeitpunkte überschauen, in welchem sich auf diesem Gebiete die Entscheidung vorbereitete, so finden wir ganz allgemein die Ansicht verbreitet, daß die in gährenden Flüssigkeiten lebenden Organismen verschiedenen Formen einer und derselben Pflanze zukommen: der Unterhefe, der Oberhefe und der Weinhefe — ohne daß man jedoch daran dachte, daß diese Organismen ganz bestimmte Pflanzen seien. In seinem Werke „Studien über den Wein" hat nun Pasteur schon ganz deutlich erkannt, daß diese Weinhefe sich wesentlich von der gewöhnlichen Bierhefe unterscheide. Neben jenen Organismen, die sich in solchen Flüssigkeiten vorfinden, welche sich in der sogenannten geistigen Gährung befinden, kannte man noch mehrere andere, die ganz bestimmten Gährungsvorgängen entsprechen, wie z. B. die Organismen, die in solchen Flüssigkeiten auftreten, welche sich in Essiggährung oder in Milchsäuregährung befinden.

Erst mit der Veröffentlichung der Pasteur'schen Untersuchungen über die geistige Gährung und der bestimmt ausgesprochenen Behauptung, daß Gährung und Entwicklung von Organismen zwei von einander untrennbare Vorgänge seien, wurde wieder die Aufmerksamkeit der Forscher — und ganz besonders jene der Botaniker auf diesen Gegenstand gelenkt; die Fortschritte, welche man in der Anfertigung der Mikroskope in der Zwischenzeit gemacht hatte, kamen der Untersuchung wesentlich zu Gute. Man hatte einmal die Theorie als richtig angenommen, daß die Vorgänge der Gährung und Ausbildung von Organismen mit einander in innigstem Zusammenhange stehen, und wendeten sich daher manche Botaniker von Fach dem eingehenden Studium der hierbei in's Spiel tretenden Organismen zu.

Neuere Ansichten über die botanische Natur der Alkoholfermente.

Schon ältere Forscher, wie z. B. Persoon, Kützing und Andere hatten sich mit dem Studium der Organismen beschäftigt, welche sich in gährenden Flüssigkeiten vorfinden, und belegten dieselben mit verschiedenartigen Namen, unter welchen die Bezeichnungen Hormiscium, Cryptococcus, Torula u. s. w. die gebräuchlichsten waren, ohne daß jedoch zwischen diesen Gelehrten Uebereinstimmung über das Wesen dieser Organismen oder über deren Functionen zu finden wäre. Besonders schwierig wurde durch diesen Umstand das Studium dieser Organismen für den Chemiker von Fach, und bedurfte es in der That eines eigenen Studiums um sich in der Masse von Benennungen, welche den Hefeorganismen gegeben wurden, einigermaßen zurecht zu finden.

Die an sich schon schwierige Frage über die botanische Natur der Gährungsorganismen bekam eine ganz neue Form durch die von Karsten und Anderen ausgesprochenen Ansichten über die Wandelbarkeit dieser eigenthümlichen Wesen. Nach der Ansicht Karsten's sind nämlich alle in gährenden Flüssigkeiten lebenden Organismen nicht als bestimmte Pflanzenspecies aufzufassen, sondern sie bestehen in Wirklichkeit aus den Sporen (Keimen) von Schimmelpflanzen, welche sich unter den eigenthümlichen Ernährungsbedingungen, unter welchen sie in gährenden Flüssigkeiten leben müssen, und nach der Beschaffenheit der Nährflüssigkeit in verschiedenartiger Weise ausbilden.

Diese Anschauung fand Seitens der Botaniker den heftigsten Widerspruch und wurden gegen dieselbe viele Abhandlungen veröffentlicht, welche alle den Zweck hatten, die Anhänger dieser Theorie von der Richtigkeit der gegentheiligen Ansicht zu überzeugen. Bekanntlich ist dies unter allen Verhältnissen eine höchst schwierige Sache — doppelt schwierig war sie in dem gegenwärtigen Falle, weil die Gegner immer nur solche Beweismittel für die Richtigkeit ihrer Ansichten beizubringen im Stande waren, die den Widersachern als mehr weniger brauchbare Vertheidigungswaffe des eigenen Systems dienen konnten.

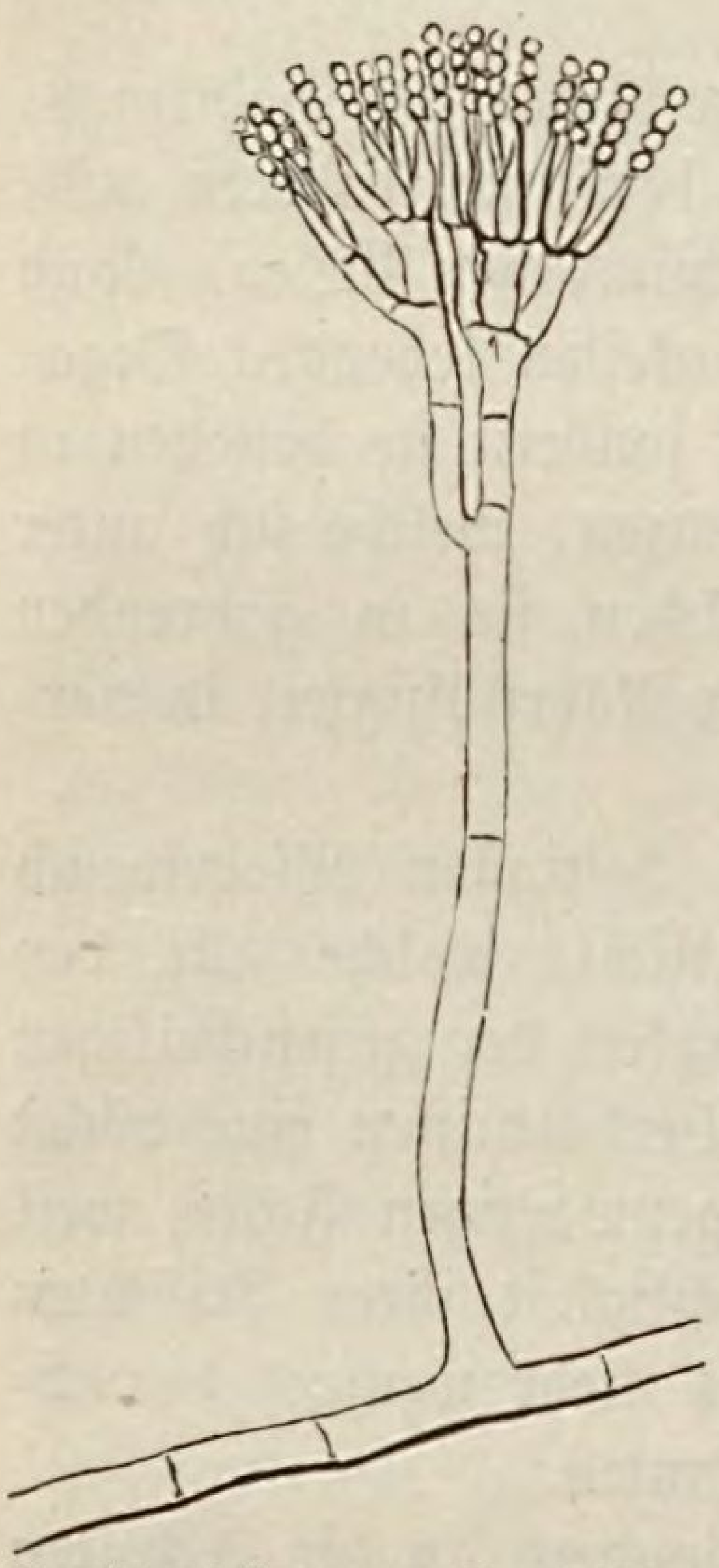
Durch die Untersuchungen der Botaniker, welche besonders an die Arbeiten von Mitscherlich anknüpften, war die Stellung der in der Hefe vorkommenden Organismen ziemlich genau bestimmt worden — obwohl es Rees vorbehalten blieb, diese Organismen zuerst etwas eingehender zu beschreiben. Es wurde nun im Jahre 1857 von Bail die hochwichtige Entdeckung gemacht, daß auch Schimmelpilze, welche, um ihre volle Entwickelung zu erreichen, unbedingt des freien Sauerstoffes bedürfen — somit an die Luft treten müssen — zu Gährungserregern werden, wenn man sie in gährungsfähigen Flüssigkeiten untertaucht, somit des freien Sauerstoffes beraubt und ihnen hierdurch die Alternative stellt, zu sterben oder sich den neuen Verhältnissen anzupassen.

Die Lebenszähigkeit mancher echten Schimmelpilze, besonders der Mucor-Arten, ist nun eine so große, daß sie in der That fähig sind, bei dieser tiefgreifenden Veränderung ihrer Lebensbedingungen auszudauern, und den Sauerstoff, welchen sie früher direct aus der Luft aufnahmen, chemischen Verbindungen

zu entreißen, — dieselben hierbei vergähren zu machen. — Nachdem gerade in neuerer Zeit durch die Arbeiten von Rees, Brefeld, Fitz und in neuester Zeit auch von Pasteur die principielle Richtigkeit dieser Versuche Bail's bestätigt worden, und auch die Arbeiten der Letztgenannten darauf hinweisen, daß die Schimmelpilze als Gährungserreger jedenfalls eine größere Bedeutung haben, als man ihnen beimessen wollte,*) müssen wir uns etwas eingehender mit denselben beschäftigen.

Die fast aller Orten vorhandenen Schimmelpflanzen Mucor mucedo, Mucor racemosus, Penicillium glaucum (Penicillium crustuceum) u. m. A. bilden zuerst ein sogenanntes Mycelium oder Lager, aus welchem sich gegliederte Fäden erheben, welche beim gewöhnlichen Pinselschimmel in andere Glieder auslaufen, an denen sich fortpflanzungsfähige Zellen — Sporen — ausbilden. Der Anfangs weiße Ueberzug, welchen wir auf schimmelndem Brot, Leder, Tinte u. s. w. beobachten, besteht aus Mycelium, der graugrüne Anflug, welcher sich später aus dem weißen Ueberzuge herausbildet, an den schon erwähnten Sporenträgern und Sporen. Bringt man das Mycelium, bevor es sich zu Sporen entwickelt hat, in eine gährungsfähige Flüssigkeit, so kommt es nie zur vollen Sporenbildung, sondern die Pflanze bildet fortwährend Zellen, welche den Hefezellen sehr ähnlich sehen und Gährung veranlassen.

Fig. 12.



Conidienträger von Penicillium glaucum. (Vergr. 375.)

Die große Aehnlichkeit in der Form der Zellen veranlaßte Bail die Hefe als Schimmelpflanze anzusehen, welche sich die neuen Ernährungsbedingungen angepaßt hat. Hoffmann, welcher die Untersuchungen Bail's wiederholte, kam zu denselben Ergebnissen wie dieser, und entstand hierdurch bei einer Anzahl von Forschern der Gedanke, daß alle Fermente, welche man in gährenden Flüssigkeiten antrifft, durch Metamorphosen von Schimmelpflanzen entstanden seien. Die Untersuchungen der Neuzeit haben die oft angezweifelte Fähigkeit der Schimmelpflanzen — unter besonderen Umständen als Gährungserreger zu wirken, außer Zweifel gestellt — sie haben aber auch den Nachweis geliefert, daß es ganz bestimmte Pflanzen gebe, welchen die Eigenschaft, als Fermente zu wirken, in besonders hohem Maße zukommt. Nach dem gegenwärtigen Stande der Frage müssen wir unbedingt gewisse Schimmelpflanzen eben so gut zu den Alkoholfermenten rechnen, wie jene Pflanzenformen, zu welchen die gewöhnliche Bierhefe gehört, wenn es auch wahrscheinlich nicht richtig ist, daß die Schimmelpflanzen jene merkwürdige Reihe von Metamorphosen durchmachen, welche man ihnen zuschrieb, und in Folge derselben bald als Alkohol — bald

*) Dieselben sind die Ursachen mancher Krankheiten des Weines. Vergleichen mein dies bezügliches Werk: Die Krankheiten des Weines. Wien 1873. Der Verfasser.

als Essig-Milchsäureferment u. s. w. wirken sollte. Diese Anschauung läßt sich als die Theorie von der gleichartigen Abstammung und verschiedenen Function der Hefe-organismen bezeichnen und gab wegen ihrer Sonderbarkeit vielfach Veranlassung zu neuen Untersuchungen, welche diese Theorie zwar ziemlich unhaltbar machten, aber dafür neue Thatsachen aufdeckten, die viel dazu beitrugen, die Begriffs-verwirrung, welche über die Natur der Gährungspflanzen herrschte, wenigstens einiger Massen zu beseitigen.

Unter den vielen Schriften, welche sich für die Einheit der Hefeformen und deren Abstammung von den Schimmelpflanzen aussprachen, ist ganz besonders eine zu nennen, deren Verfasser Ernst Hallier*) ist. In dieser Schrift sucht derselbe den Beweis beizubringen, daß alle jene Organismen, welche man mit dem Name der Fermente — das heißt als jene Wesen bezeichnet, welche Gährung hervorzurufen vermögen — nichts anderes seien, als die Keimkörner (Sporen) niederer Schimmelpflanzen. Hallier hat seine Versuche besonders mit den Sporen der am häufigsten vorkommenden Schimmelarten angestellt und behauptet, daß er aus denselben alle Arten von Hefe — sowohl jene, welche Alkohol-gährung hervorzurufen vermögen, als auch andere Gährungsfermente wie Milch-säureferment, Essigferment u. s. w. gezogen habe.

Hallier suchte die Beweise für die Richtigkeit seiner Anschauungen nicht blos durch die mikroskopische Untersuchung darzuthun, sondern stützt sich ganz besonders auf das verschiedene Verhalten, welches diese niederen Organismen zeigen, wenn man sie in Ernährungsflüssigkeiten von verschiedener Zusammensetzung bringt; je nach der Beschaffenheit der Nahrungsflüssigkeit sollen sich die Sporen entweder zu Alkoholferment, Essigferment u. s. w. ausbilden. Die kleinsten Organismen dieser Art, welche man selbst bei den stärksten Vergrößerungen unter dem Mi-kroskope als kaum wahrnehmbare Punkte erkennt, und welche sich beinahe in jeder organischen Flüssigkeit vorfinden, die man mit Hülfe des Mikroskopes untersucht, hat Hallier mit dem Namen der Leptothrix — Gebilde belegt. Leptothrixkörner wachsen, wenn man sie in eine geeignete Nährflüssigkeit bringt, rasch heran und bilden sich zu dem eigentlichen Fermente um. Hallier säte z. B. Leptothrixzellen, welche sich im Speichel in reichlicher Menge vorfinden, in eine Lösung von Traubenzucker aus und versetzte dieselbe hierdurch in geistige Gährung. Auf ähnliche Weise erzog er die verschiedenen Fermente in Nährflüssigkeiten anderer Art.

Die Anschauungen Hallier's wurden vielfach von anderen Botanikern be-stritten; die mächtigste Stütze fanden die Gegner der Ansichten Hallier's in der Art und Weise, in welcher dieser Forscher seine Versuche durchführte und liegt hierin auch ganz entschieden die Schwäche aller derartigen Beweisführungen. Wenn man nämlich ein Ferment ganz rein erziehen will, so muß man offenbar die volle Gewißheit haben, daß neben dem Keimen des betreffenden Fermentes keine anderen zugegen seien. Bedenkt man nun, daß die Keime dieser Fermente von ungemein geringer Größe sind, daß ferner die Möglichkeit geblieben ist, daß

*) Gährungserscheinungen. Untersuchungen über Gährung, Fäulniß und Verwesung. Von Ernst Hallier, Leipzig 1867.

durch eine auch nur einen Augenblick andauernde Berührung der Nährflüssigkeit mit der Luft aus dieser selbst Fermente in die Flüssigkeit gelangen und hierdurch Ursache zu Irrthümern geben können, so wird man leicht einsehen, welche ungeheuren Schwierigkeiten sich der Durchführung der sogenannten Reinculturen entgegensetzen. (Unter Reincultur versteht man die Erziehung eines einzigen ganz bestimmten Fermentes, mit Ausschluß aller anderen.) Wir erwähnen hier, daß dieser Vorwurf nicht blos auf die Untersuchungen Hallier's anwendbar ist, sondern mit gleichem Rechte für alle derartigen Untersuchungen Geltung hat. Es wurde zwar seit der Veröffentlichung der Hallier'schen Untersuchungen wiederholt die Erreichung des Zieles: Reinculturen erhalten zu haben, behauptet, ohne daß es jedoch einem der Experimentatoren bisher gelungen wäre, seine Versuche derart einzurichten, daß auch der geringste Zweifel über die Richtigkeit seiner Beobachtungen ausgeschlossen wäre.

Es ist hier nicht der Ort, auf die Darstellung der Ansichten Hallier's näher einzugehen; wie schon erwähnt, sprach sich die Mehrzahl der Forscher auf diesem Gebiete dahin aus, daß dieselbe nur auf Irrthümern beruhe, obwohl keiner derselben leugnen konnte, daß die Formen eines und desselben Fermentes wesentliche Verschiedenheiten zeigen, wenn man die Zusammensetzung der Flüssigkeiten, in denen sie leben, ändert. Drei Jahre nach der Veröffentlichung der Schrift Hallier's erschien eine andere von Rees in Leipzig, welche den Beweis, daß die Annahmen Hallier's unrichtig seien, ziemlich vollgültig lieferte und mag dieses umsomehr die Ursache gewesen sein, daß die Ansichten dieses Gelehrten ziemlich in Vergessenheit geriethen.

Erst in neuerer Zeit haben die Anschauungen Hallier's wieder an Bedeutung gewonnen, indem einer der hervorragendsten Forscher auf dem Gebiete der Gährungserscheinungen, Pasteur, in seinem 1876 veröffentlichten Werke den entschiedenen Beweis lieferte, daß es eine sehr große Zahl von Fermenten gebe, welche sich sowohl in Bezug auf ihre Gestalt und als auch in Bezug auf die chemischen Veränderungen, welche sie in verschiedenen Flüssigkeiten hervorrufen, wesentlich von einander unterscheiden. Pasteur hat viele Versuche wiederholt, um die Behauptungen anderer Forscher, nach welchen dieser oder jener Organismus bestimmte Gährungserscheinungen hervorzurufen im Stande ist, richtig zu stellen. In manchen Dingen ergaben seine Untersuchungen die Bestätigung der Aussprüche seiner Vorgänger, in anderen waren die Ergebnisse der Untersuchungen Pasteur's den Ansichten mehrerer Gelehrten entgegen gesetzt. Pasteur zeigt uns aber in seinem Werke, „Studien über das Bier", auf das deutlichste, daß die Frage über die botanische Natur der Fermente bei weitem noch nicht entschieden ist — eine Annahme, welche man in Folge der Entdeckungen von Rees häufig machte. Wie sehr die Frage von ihrer Lösung entfernt ist, läßt sich schon daraus entnehmen, daß man nicht nur über die Stellung gewisser Fermente im Naturreiche nicht einmal darüber klar ist, ob dieselben zu den Thieren oder zu den Pflanzen gezählt werden sollen (Buttersäureferment) und daß innerhalb ganz kurzer Zeiträume zu den schon mit Sicherheit als Fermente anerkannten Wesen neue treten, die gleichfalls alle Eigenschaften der ächten Fermente

besitzen. Wollte man daher gegenwärtig mit voller Bestimmtheit aussprechen, daß eine bestimmte Ansicht über das Wesen der Fermente richtig und eine andere falsch sei, so würde man damit einen Fehler begehen. — Wir sind, wie schon ausgesprochen, in unseren Kenntnissen über die Fermente noch nicht so weit vorgeschritten, daß wir im Stande wären, einen derartigen Ausspruch mit Bestimmtheit zu machen. Nach dem gegenwärtigen Stande der Sache müssen wir annehmen, daß die sogleich näher auseinander zu setzenden Arbeiten von Rees den richtigen Weg zur Erforschung der verschiedenen Fermente gegeben haben, daß es aber wahrscheinlich eine sehr große Zahl von Wesen giebt, denen unter geeigneten Verhältnissen die Eigenschaft zukommt, als Fermente zu wirken.

Von älteren Forschern werden die Hefeorganismen den verschiedensten Pflanzenfamilien zugewiesen — Turpin rechnete dieselben unter die Toruluceen, Kützing zu den Algen (nach ihm ist die Hefe eine besondere Algenart: Cryptococcus) — Desmazières hielt sie für einen thierischen, zu den Monaden gehörenden Organismus — Mayen faßte sie als eine sehr niedere Pilzform auf, die er wegen ihrer Wirkung auf den Zucker Saccharomyces benannt hat und muß nach dem jetzigen Stande unserer Anschauungen über die Alkoholfermente Mayen als derjenige bezeichnet werden, welcher die botanische Natur derselben zuerst richtig erfaßte.

Feststellung der botanischen Natur der am häufigsten vorkommenden Alkoholfermente.

Rees hat seine Untersuchungen in einer Schrift niedergelegt*), in welcher er eine Anzahl von Organismen beschreibt, denen die Eigenschaft zukommt, geistige Gährung zu bewirken. Nach den Untersuchungen von Rees giebt es eine ganz bestimmte Art von Pflanzen, welche die Fähigkeit besitzen, Zucker in Kohlensäure und Alkohol (als Hauptprodukte) zu zerlegen oder zu vergähren und faßt er alle in diese Gruppe gehörigen Wesen als eine besondere Art von Pflanzen auf, die er mit der von Mayen gewählten Bezeichnung Saccharomyces bezeichnet. Von dieser Pflanzengattung hat Rees eine Anzahl von Species näher beschrieben und wurden später von Engel und Pasteur zwei weitere hierher gehörige Fermente entdeckt, ohne daß hierdurch die Zahl aller existirenden Alkoholgährungsfermente abgeschlossen sein dürfte.

Die Fermente der Alkoholgährungen werden gegenwärtig allgemein zu den Pilzen gerechnet und zwar zu den einfachst organisirten Pilzen, welche wir kennen. Die vielfältigen Untersuchungen, welche von früheren Forschern über diese Pflanzen angestellt wurden, führten auch zur Aufstellung von verschiedenen Namen für dieselben und entstand gerade hierdurch eine unsägliche Verwirrung, weil man oft nicht mit Bestimmtheit unterscheiden konnte, was denn eigentlich unter Mycoderma, Hormiscium, Cryptococus, Torula oder Saccharomyces — alle diese Namen wurden angewendet, um die Gährungsorganismen zu bezeichnen — zu verstehen sei.

*) Botanische Untersuchungen über die Alkoholgährungspilze, Leipzig 1870.

Rees wählte den Namen Saccharomyces, weil er derjenige ist, welcher unter allen nur für die Gattung der eigentlichen Gährungspflanzen (mit Ausschluß anderer Pilze) angewendet wurde und haben gegenwärtig sowohl die Botaniker als die Gährungschemiker diese Benennung allgemein angenommen.

Rees hat sich vorerst mit der bestbekannten und auch am eingehendsten studirten Species der Gattung Saccharomyces, mit der gewöhnlichen Bierhefe beschäftigt und bezeichnete dieselbe auch mit dem Namen Saccharomyces cerevisiae. Das Ferment, welches sich in gährender Bierwürze und in Branntweinmaische vorfindet und künstlich in den Brauereien und Brennereien erzogen wird, ist in beiden Flüssigkeiten dasselbe, gleichgültig ob es als Unterhefe oder Oberhefe wirkt. Bekanntlich unterscheidet sich die Oberhefe sowohl durch die Art ihrer Sproßverbände und als auch durch ihre Wirksamkeit in sehr bedeutendem Maße von der Oberhefe — und haben, wie schon gezeigt wurde, Untersuchungen älteren Datums diese beiden Hefegattungen deutlich von einander geschieden, obwohl auch von mancher Seite die Behauptung ausgesprochen wurde, daß es möglich sei, durch Aenderung der Temperaturverhältnisse allein die eine Art von Hefe in die andere übergehen zu machen.

Nach der Annahme von Rees beruht der Unterschied zwischen Unter- und Oberhefe ausschließlich in der Gestaltung der Sproßverbände und haben sich die beiden Hefegattungen durch die lange Cultur als besondere Species ausgebildet — eine Annahme, welcher man deutlich die Entstehung in Folge der von Darwin aufgestellten Anpassungstheorie anmerkt. Wenn nicht neue Untersuchungen die Richtigkeit der Ansichten von Rees umstoßen, so geben dieselben in der That einen schlagenden Beweis für die Gültigkeit der Anpassung von Organismen an gewisse Lebensbedingungen. Die Hefepflanzen werden seit Jahrhunderten in den Brauereien und Brennereien gezüchtet und zwar immer unter ganz bestimmten Verhältnissen. Wir können uns, der Anpassungstheorie folgend, die Vorstellung machen, daß es ursprünglich nur eine einzige Form von Saccharomyces cerevisiae gegeben habe, welche entweder als Unter- oder Oberhefe oder als ein Mittelding zwischen beiden gewirkt habe. — Durch die unzählbaren Generationen, während welcher diese Pflanze von den Menschen unter ganz bestimmten Verhältnissen cultivirt wird, mußte sie sich den ihr gegebenen Lebensbedingungen immer mehr anpassen und in Folge dessen entweder zur Unterhefe oder zur Oberhefe werden. Wir müssen aber, selbst wenn wir das vorstehende als der Wahrheit entsprechend annehmen, gleich beifügen, daß der Pflanze Saccharomyces cerevisiae gegenwärtig noch eine merkwürdige Elasticität geblieben ist, welche sie bis zu einem gewissen Grade befähigt, aus der einen Form in die andere überzugehen, wenn man die Bedingungen ihres Lebens ändert.

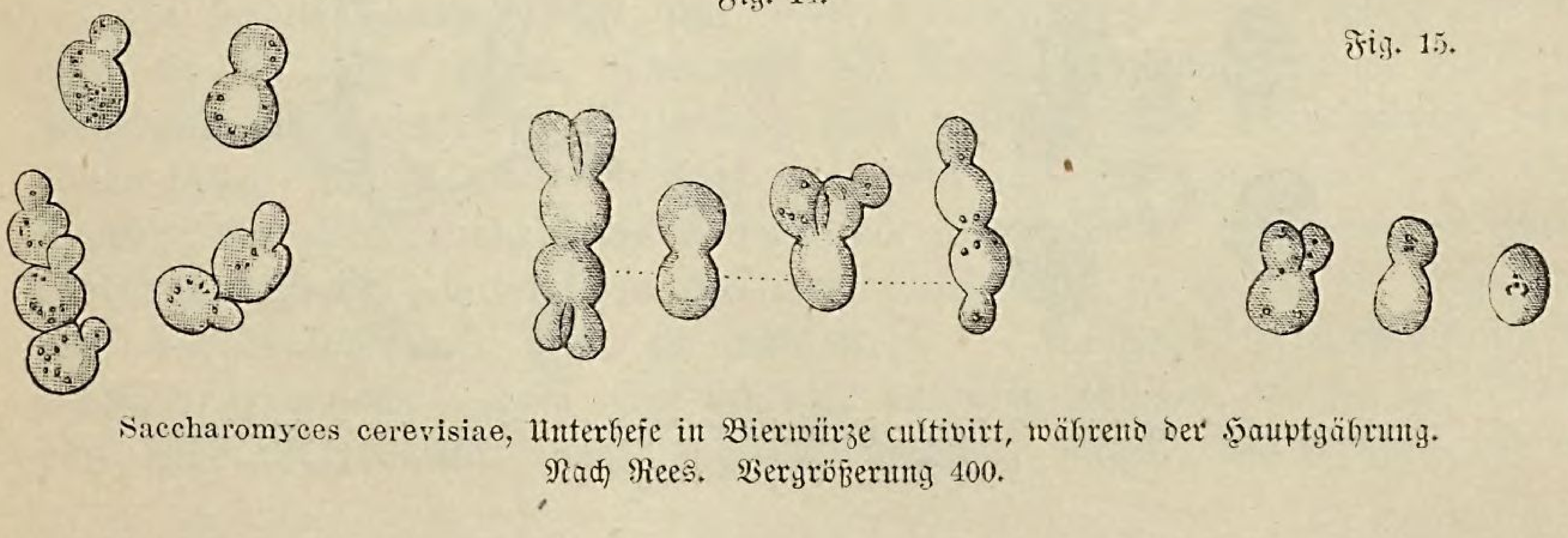
Das charakteristische Merkmal der Unterhefe mit Bezugnahme auf die Lebensbedingungen derselben liegt darin, daß sie am besten bei einer niederen Temperatur, welche zwischen 5 und 10 Graden C. beträgt, gedeiht, während die Oberhefe bei einer zwischen 12 und 24 Graden liegenden Temperatur am kräftigsten wuchert. Die hier angegebenen Grenzen sind eben jene, innerhalb welcher sich diese Fermente am wohlsten befinden, die Grenzen ihrer Wirksamkeit als Gährungs-

erreger sind aber viel weitere und findet noch Gährung bei einer nur ganz wenig über Null-Grad und nahezu 40 Graden liegenden Temperatur statt. — Wenn wir nach Analogien in der Natur für das verschiedene Verhalten von Saccharomyces cerevisiae als Ober- und Unterhefe suchen, so finden wir deren in großer Zahl selbst bei höher stehenden Pflanzen, welche einen großen geographischen Verbreitungsbezirk haben. Das Wachsthum gewisser Bäume, die im Norden und Süden vorkommen, wie z. B. die Birke, ist ein sehr verschiedenes: der nordische Baum wächst viel langsamer als der im Süden heimische und läßt sich dieses Verhalten deutlich an der verschiedenen Beschaffenheit des Holzes erkennen; ähnliche Unterschiede dürften wohl auch an den übrigen Theilen der Pflanze nachweisbar sein.

Die Unterhefe ist in der niederen Temperatur, in welcher sie lebt, die langsamer wuchernde Pflanze; die neugebildeten Zellen erlangen gewöhnlich erst dann die Fähigkeit selbst neue Zellen hervorzubringen, wenn sie sich von der Mutterzelle losgelöst haben und trifft man dem zu Folge meistens nur ganz kleine Sproßverbände bei dieser Hefeart an; in der Mehrzahl der Fälle sind nur zwei Zellen mit einander verbunden oder kommen die Zellen ganz frei vor; im letzteren Falle haben sie entweder schon Tochterzellen producirt oder gelangen erst in jenes Stadium der Entwickelung, in welchem dies möglich ist. Die Kleinheit der Sproßverbände bei der Unterhefe ist nach Rees auch die Ursache, warum diese Hefe am Grunde der gährenden Flüssigkeit liegen bleibt — (daher der Name Unterhefe). — Sie bieten nämlich den Kohlensäureblasen weniger Anhaftungspunkte als die reiche Sproßverbände bildende Oberhefe; während letztere durch die ihr anhängenden Kohlensäureblasen an die Oberfläche der gährenden Flüssigkeit gehoben wird, bleibt die Unterhefe am Boden der Gefäße liegen. — Die geringe Zahl der mit einander verbundenen Zellen, das Liegenbleiben derselben am Boden der Gefäße, so wie die fast kugelige Gestalt der einzelnen Individuen sind die Hauptmerkmale der Unterhefeform von Saccharomyces cerevisiae. Die untenstehenden Abbildungen Figur 13—17 zeigt dieses Ferment in der Gestalt, wie es Rees in der oben erwähnten Schrift darstellt.

Die Oberhefeform von Saccharomyces cerevisiae, bei einer Gährungstemperatur von 12 bis 24 Graden wuchernd, zeichnet sich durch reiche Sprossenverbände aus; man trifft bisweilen Sprossenverbände, welche aus 6—8 und mehr Zellen

Fig. 13. Fig. 14. Fig. 15.



Saccharomyces cerevisiae, Unterhefe in Bierwürze cultivirt, während der Hauptgährung. Nach Rees. Vergrößerung 400.

Fig. 16.

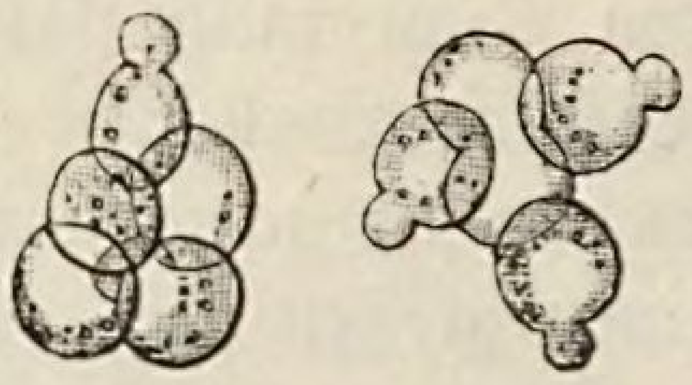
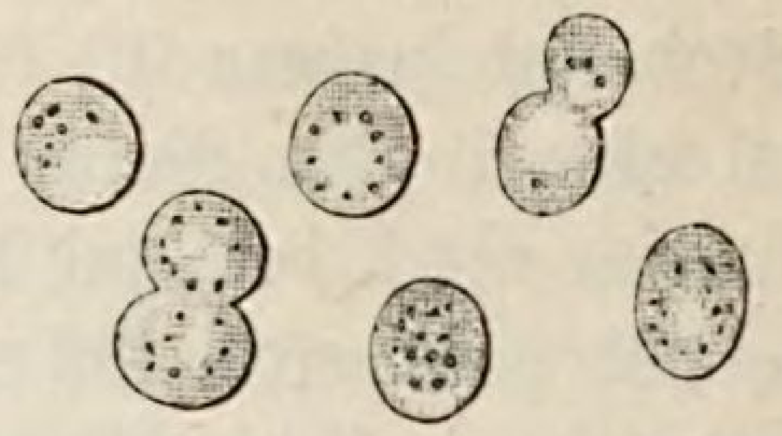


Fig. 17.



Saccharomyces cerevisiae. Unterhefe in Bierwürze, während der Nachgährung. Nach Rees. Vergrößerung 400.

bestehen, die nur in selteneren Fällen die fast kugelförmige Gestalt haben, welche die Unterhefe auszeichnet, und meistens von ellypsoidischer, eiförmiger, mitunter aber auch von ziemlich langgestreckter, beinahe schlauchartiger Gestalt sind; in Folge der lebhaften Kohlensäureentwickelung und der Größe der Sproßverbände werden letztere an die Oberfläche der gährenden Flüssigkeit gehoben, daher der Name Oberhefe. Figur 18—24 ist eine Reproduktion der von Rees gegebenen Abbildungen dieser Varietät von Saccharomyces cerevisiae. Die Zellen von Saccharomyces cerevisiae haben nach den von Rees vorgenommenen Messungen 8 bis 9 Mikromillimeter (1 Mikromillimeter = 0,001 Millimeter) als größten Durch=

Fig. 18.

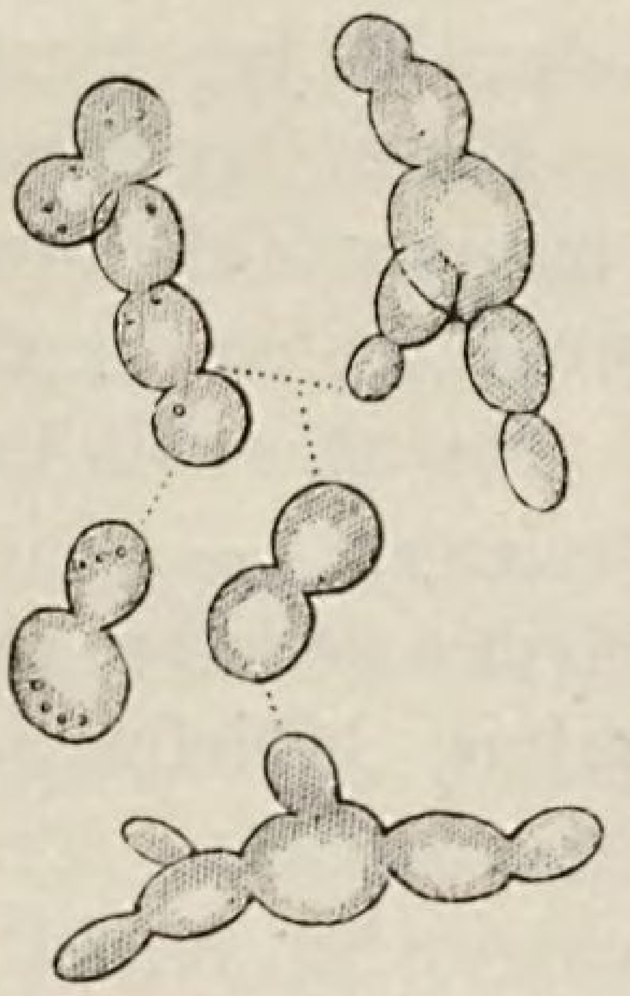
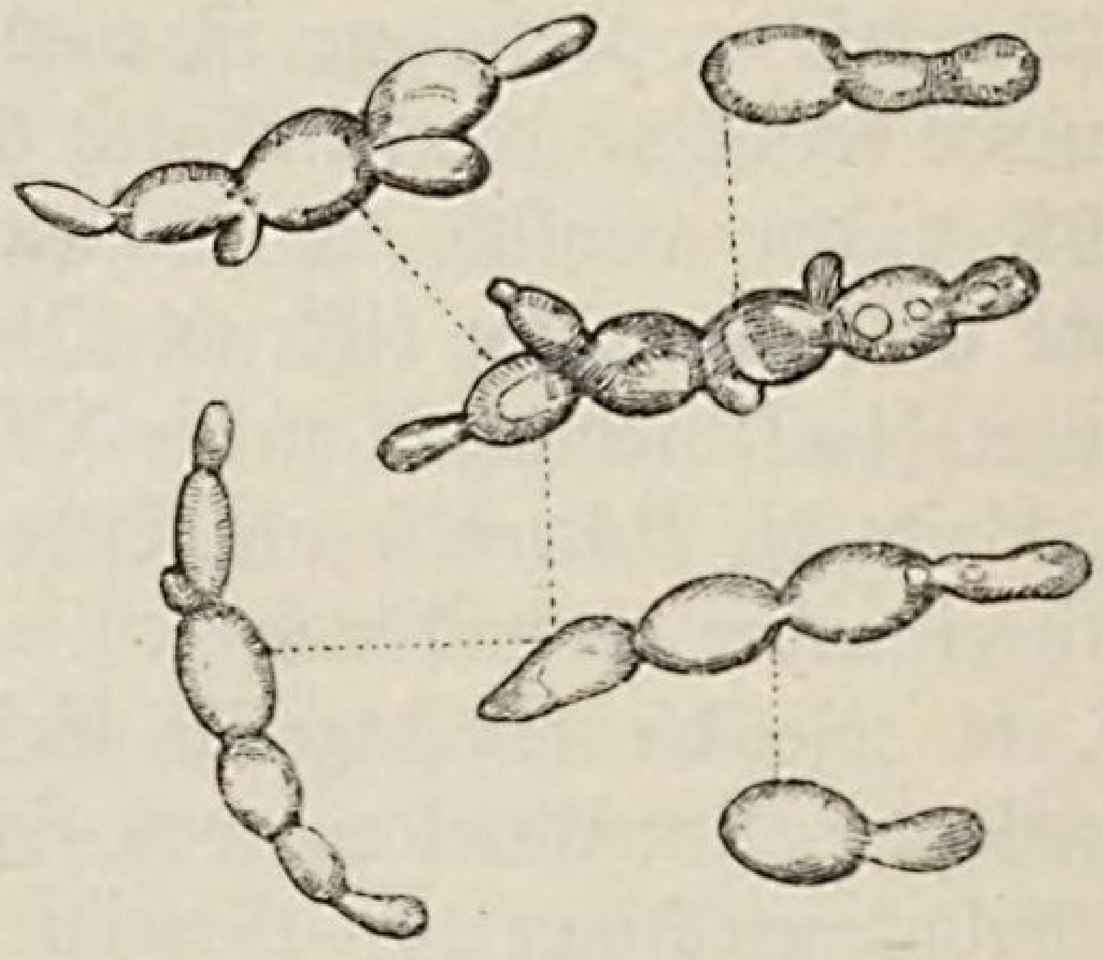


Fig. 19.



Saccharomyces cerevisiae, Oberhefe während der Hauptgährung. Nach Rees. Vergr. 400.

Fig. 20.

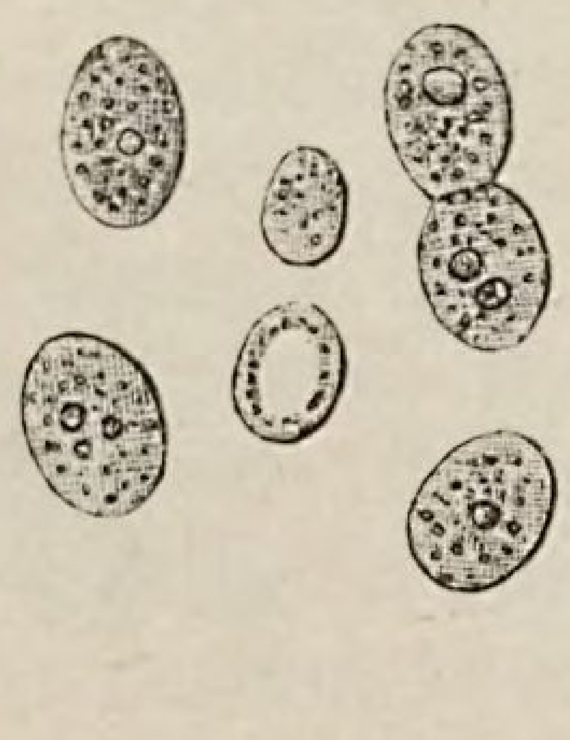
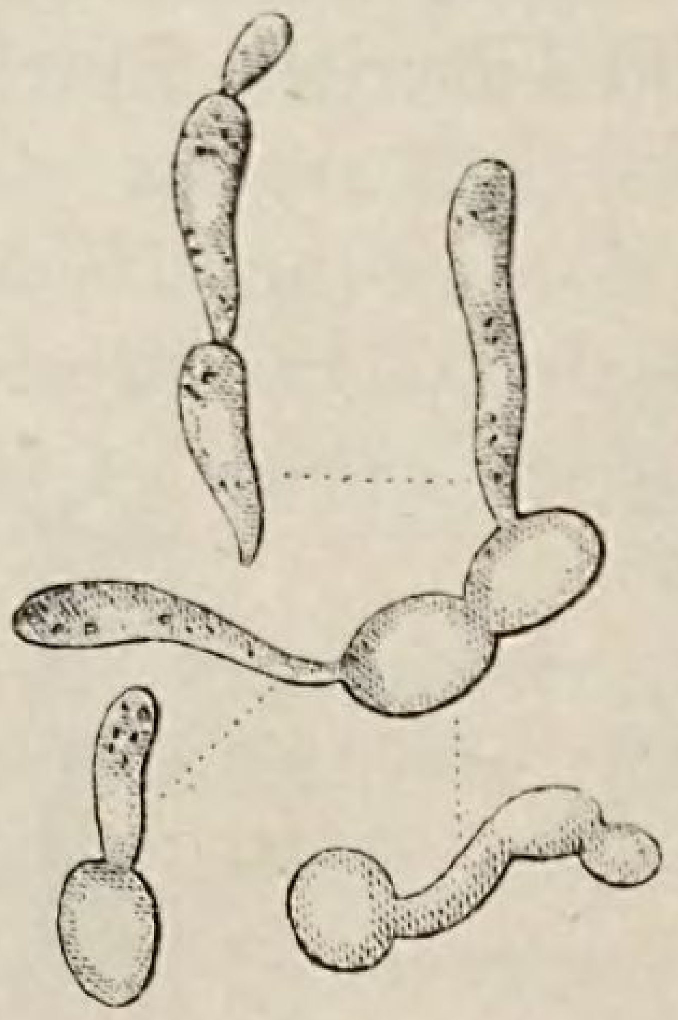
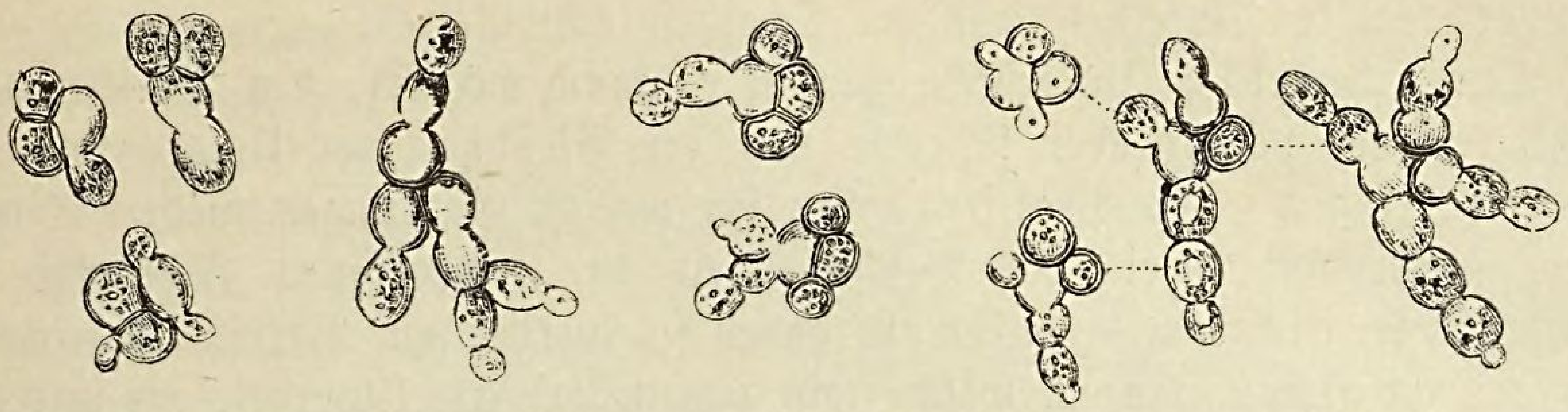


Fig. 21.



Saccharomyces cerevisiae, Seltenere Formen der Oberhefe während der Hauptgährung. Nach Rees. Vergrößerung 400.

Fig. 22.



Saccharomyces cerevisiae, Entwickelung der Sproßverbände bei Oberhefe. Nach Rees Vergr. 400.

Fig. 23.

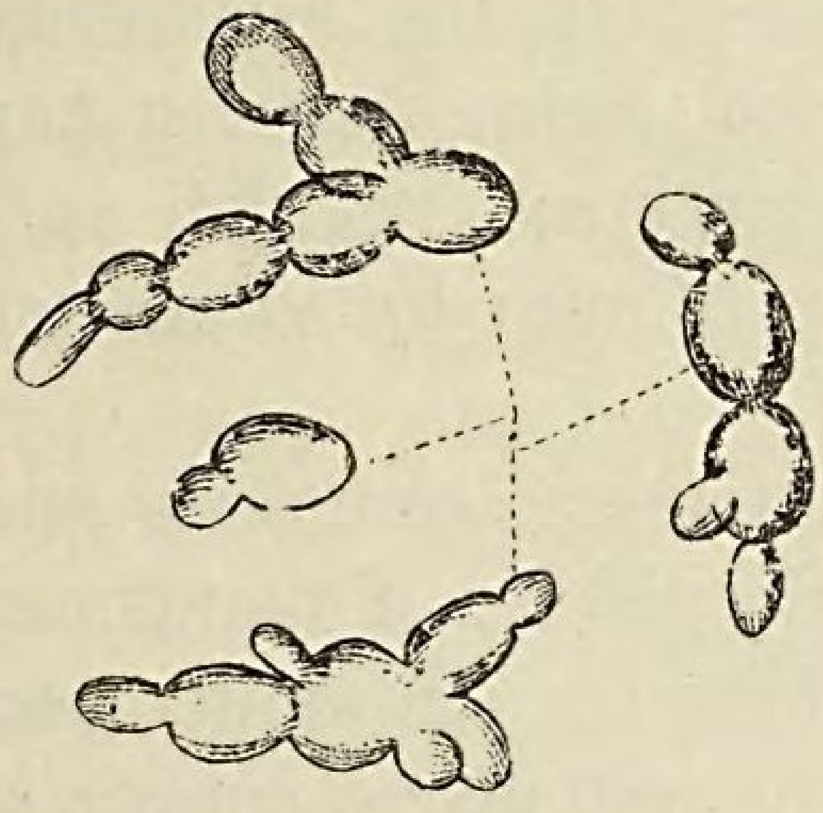


Fig. 24

Sacchomyces cerevisiae, Oberhefe aus Branntweinmaische. Nach Rees. Vergr. 400.

messer. — Saccharomyces cerevisiae in der Oberhefevarietät bildet auch das Ferment der Branntweinmaischen und stellen Figur 23 und 24 die Entwickelung desselben vor. Die kleinen Gebilde, welche man in Fig. 24 neben den Sproßverbänden a und b der Hefe sieht, bestehen aus Milchsäureferment.

Rees suchte den Nachweis für die einheitliche Abstammung der Unter- und Oberhefe dadurch beizubringen, daß er abwechselnd eine Hefeart in die Lebensbedingungen der anderen brachte: Unterhefe wurde bei höherer, Oberhefe bei niederer Temperatur cultivirt; in beiden Fällen erfolgte eine Aenderung in der Art der Sprossung, welche eine deutliche Annäherung an jene zeigte, welche der bei dieser Temperatur lebenden Hefeart zukommt; die Unterhefe bei höherer Temperatur cultivirt, bildet bald reichere Sproßverbände und steigt auch zum Theile an die Oberfläche der gährenden Flüssigkeit; Oberhefe bei Untergährungstemperatur erzogen, geht rasch in ziemlich normale Unterhefe über.

In beiden Fällen erfolgt aber kein vollständiges Uebergehen aus der einen in die andere Form, was wohl der verhältnißmäßig geringen Zahl von Generationen zuzuschreiben ist, welche man während einer Versuchsreihe beobachten kann. Würde man den Versuch so weit fortsetzen, daß man z. B. viele tausende von Generationen aus ursprünglich angewendeter Oberhefe bei Untergährungstemperatur forterziehen wollte und umgekehrt, so würde der Uebergang wohl ein vollkommener sein; es mußten ja — die Rees'sche Anschauung als richtig angenommen — auch viele tausende von Generationen, welche bei niederer oder hoher Temperatur erzogen wurden, einander folgen, bis sich aus der ur-

sprünglichen einzigen Form von Saccharomyces cerevisiae die beiden Varietäten der Unterhefe und der Oberhefe entwickelten.

Durch theoretische Untersuchungen ist es kaum möglich, den Beweis für die Richtigkeit der vorstehenden Theorie von der Gleichheit der Unter- und Oberhefe beizubringen — die Praktiker haben für manche Gährungen niedere Temperaturen angewendet, weil die Beschaffenheit der vergohrenen Flüssigkeit ihren Zwecken besser entsprach — unbewußt haben sie hierbei jene Varietät von Saccharomyces cerevisiae erzogen, welche wir gegenwärtig als Unterhefe vor uns haben.

Die vorzugsweise botanische Zwecke verfolgenden Untersuchungen von Rees haben ein sehr wichtiges Ergebniß in Bezug auf die Vermehrung der Gährungspilze zu Tage gefördert, welches vielleicht geeignet ist, die Erklärung für die älteren der Wirklichkeit nicht entsprechenden Angaben über die Vermehrung der Ober- und Unterhefe zu geben. (Erstere soll sich nach diesen Angaben durch fortgesetzte Sprossung, letztere jedoch auf die Weise vermehren, daß sich in den einzelnen Zellen Keimkörner ausbilden, welche nach dem Platzen der Mutterzellen zu neuen Hefezellen werden.)

Rees hat nämlich gefunden, daß bei Saccharomyces cerevisiae eine wechselnde Fortpflanzungsweise stattfinde, daß somit diese niederen Organismen jenem Vermehrungsgesetze folgen, welches schon seit längerer Zeit unter dem Namen des Generationswechsels bekannt ist. — Wenn Saccharomyces cerevisiae als eigentliches Gährungsferment, d. h. in zuckerhaltigen Flüssigkeiten untergetaucht, somit bei Luftabschluß lebt, so findet die Vermehrung auf die Weise statt, daß aus einer Zelle der sogenannten Mutterzelle eine neue, die Tochterzelle entsteht, welche nach einiger Zeit wieder zur Mutterzelle wird, und so fort; diese Vermehrungsart ist jene, die man mit dem Namen der Knospung oder Sprossung bezeichnet, und welche bei der für technische Zwecke künstlich gezogenen Hefe den normalen Vorgang bildet.

Wenn man die Ernährungsbedingungen von Saccharomyces ändert, so findet gleichzeitig eine merkwürdige Aenderung in der Art der Fortpflanzung statt. Rees hat seine Versuche in der Weise ausgeführt, daß er Hefe, welche sich durch Sprossung in normaler Weise vermehrt, in ganz dünnen Schichten auf Scheiben von Topinambur, Mohrrüben, Kartoffeln u. s. w. brachte und diese Scheiben, mit einer Glasglocke bedeckt, einige Tage stehen ließ. — Es ist leicht einzusehen, daß sich die Hefe in diesem Falle unter Ernährungsverhältnissen befindet, welche von jenen, die sie in gährungsfähigen Flüssigkeiten antrifft, sehr bedeutend abweichen. In der gährungsfähigen Flüssigkeit findet die Pflanze alle Stoffe, die sie zu ihrer Ernährung bedarf, in der günstigsten Form, nämlich in Lösung vor, nur ein Körper, welcher allgemein als zum Leben unerläßlich angesehen wird, der Sauerstoff, fehlt gänzlich. — (Wir müssen hier dem geschichtlichen Gang der Darstellung etwas vorgreifen und bemerken, daß nach den neuesten Untersuchungen der Satz: die Gährungspflanzen seien Organismen, welche ohne freien Sauerstoff leben können, nur bis zu einer gewissen Grenze Geltung hat und auch diese Organismen des freien Sauerstoffes unbedingt bedürfen, obwohl sie ihn durch längere Zeit entbehren können als andere Lebewesen.)

Bei der auf Mohrrübenscheiben u. s. w. erzogenen Hefe finden wir die Nahrungsbedingungen wesentlich abgeändert; die ernährenden Körper: Zucker, Eiweiß und Salze werden nicht in jener Fülle geboten, wie in der gährungsfähigen Flüssigkeit, dafür hat aber der Sauerstoff unbeschränkten Zutritt. Die auf den Scheiben lagernde Hefe setzt anfangs ihr Leben in derselben Weise fort, wie in gährenden Flüssigkeiten: durch Sprossung; bei fortgesetzter Beobachtung unter dem Mikroskope erkennt man aber bald eine Veränderung in dem Aussehen der Hefezellen, dieselben vergrößern sich sehr bedeutend (während wie oben angegeben der größte Durchmesser der sprossenden Hefezellen 8 bis 9 Mikromm. beträgt, erreichen die an der Luft lebenden zwischen 11 und 14 Mikromm.). Die sogenannten „Vacuolen", das sind Hohlräume im Inneren der Zellen, welche farblose, durchsichtige Flüssigkeit enthalten, werden kleiner und verschwinden allmälig ganz und geht der ganze flüssige Inhalt der Hefezellen (das Protoplasma) in eine schaumartige Masse über. Mehrere Tage nach Beginn der Veränderung beobachtet man im Inneren der vergrößerten Zelle zwei, drei oder vier deutlich von einander geschiedene Massen, welche kugelige Gestalt haben und sich mit einer Haut umkleiden, welche an Stärke zunimmt, indeß die Membrane der ursprünglichen Zelle dünner wird. — Die Hefe hat nun die Beschaffenheit, daß in der einen ursprünglich vorhandenen Zelle zwei bis vier neue Zellen von 4 bis 5 Mikromm. Durchmesser oder, wie man sie in diesem Falle benennt, „Sporen" enthalten sind.

Wenn man die Hefe sich selbst überläßt, so findet weiter keine Veränderung statt, die Hefe ist in jenen Zustand übergegangen, welchen man als den Ruhezustand zu bezeichnen pflegt; die Sporen verändern sich anscheinend nicht und behalten durch lange Zeit ihre Keimkraft bei, eine Eigenschaft, welche wir übrigens auch an vielen anderen auf einer niederen Entwickelungsstufe stehenden Organismen beobachten können. Bringt man aber die Zellen, in welchen sich die Sporen eingeschlossen vorfinden, in eine gährungsfähige Flüssigkeit von entsprechender Temperatur, so beginnen sie sich alsbald zu entwickeln; durch die dünn gewordene Membrane der Mutterzelle wird rasch Nahrung aufgenommen, die von ihr eingeschlossenen Sporen schwellen an, bringen die Membrane der Mutterzelle zum Platzen und wachsen zu vollkommenen Hefezellen heran, welche sich, so lange sie in Flüssigkeiten untergetaucht sind, durch Sprossung vermehren, aber wieder zu der eben beschriebenen Fortpflanzungsweise gebracht werden können, wenn man sie bei Luftzutritt cultivirt.

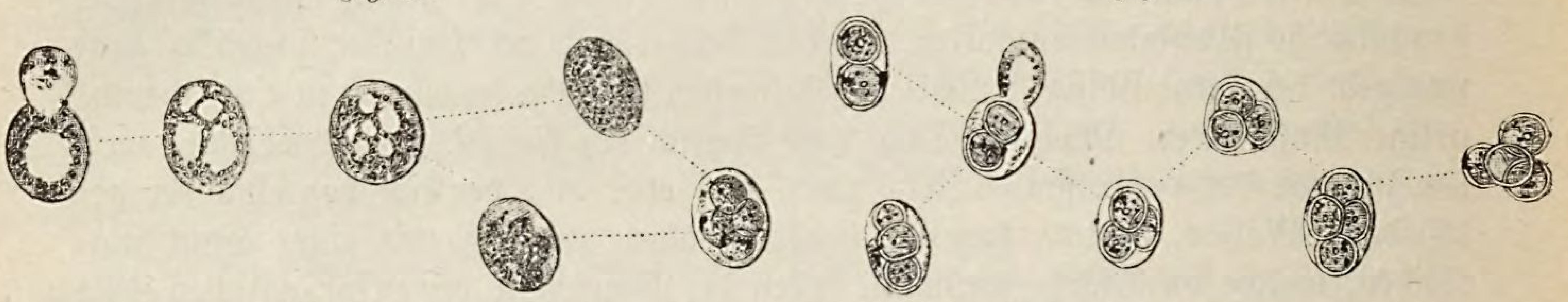
Dem eben Gesagten zu Folge müssen wir bei Saccharomyces cerevisiae eine doppelte Art der Vermehrung unterscheiden: durch Sprossung und durch Sporenbildung, erstere findet bei Luftabschluß, letztere bei Luftzutritt statt. Während Rees die erstgenannte Vermehrung als Sprossung oder Knospung bezeichnet, nennt er die letztere „geschlechtliche Vermehrung" oder besser die Vermehrung durch „Ascosporenbildung". — Wir sagen, daß die letztere Benennung die bessere sei, weil man dem allgemeinen Sprachgebrauche zu Folge bei einer „geschlechtlichen" Vermehrung immer das Zusammenwirken zweier verschieden organisirten Wesen voraussetzt. (Hierzu sei noch bemerkt, daß die von Einigen gemachte Annahme, es fände bei der Ascosporenbildung wirklich die Vereini-

gung zweier Wesen statt, noch für die hierher gehörigen Pflanzen zu beweisen ist.)

Die sich von 8 bis 9 Mikromm. auf 13 bis 14 Mikromm. vergrößernde Mutterzelle wird Ascus (das ist: Schlauch) genannt; die jungen sich in dem Ascus entwickelnden Zellen oder Sporen heißen demnach Ascosporen und müssen jene Pilze, welchen eine derartige Vermehrungsweise zukommt, Schlauchpilze oder Ascomyceten genannt werden.

Die untenstehenden Abbildungen Figur 25 und 26 zeigen die allmälige Entwickelung der Ascosporen nach den von Rees, Figur 27 nach den von Brefeld hierfür angefertigten Zeichnungen.

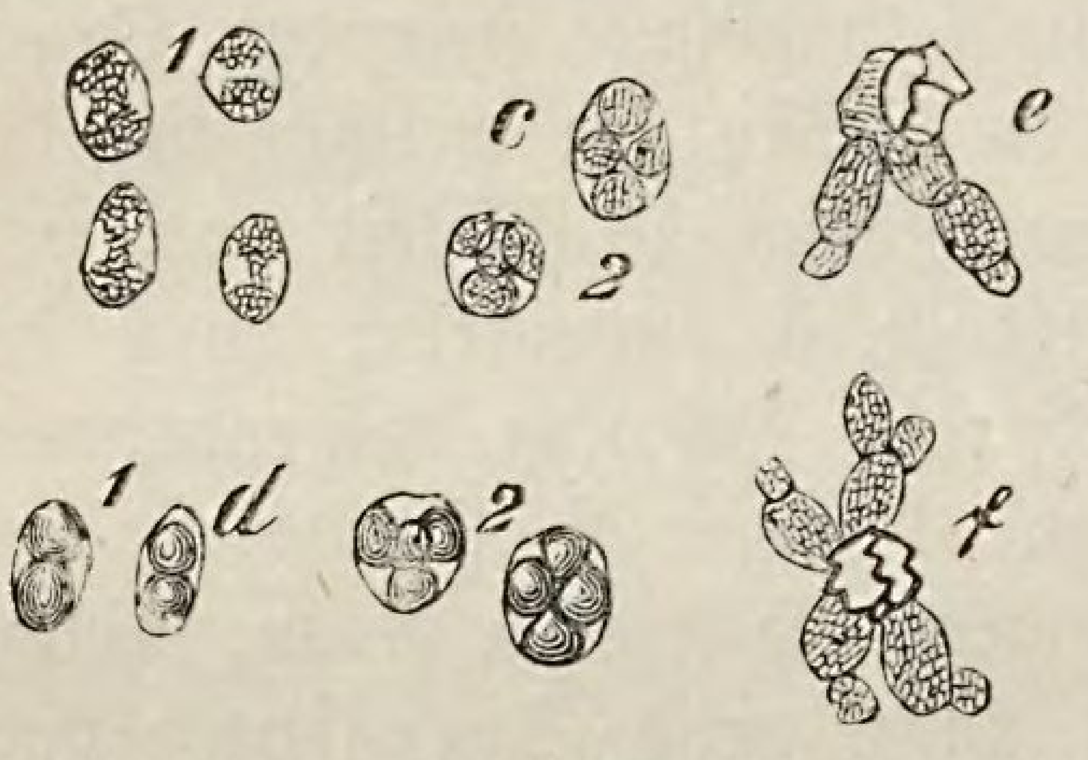
Fig. 25. Fig. 26.



Saccharomyces cerevisiae, Ascosporenbildung. Nach Rees. Vergr. 750.

Brefeld, welchem wir in neuerer Zeit hochwichtige Daten über die morphologischen und physiologischen Verhältnisse der Alkoholfermente verdanken, giebt in den landwirthschaftlichen Jahrbüchern von 1879 die Abbildungen (Fig. 28) der Bierhefe und liefern die großgezeichneten Zellen ein vorzügliches Bild des Aussehens gesunder Hefe unter dem Mikroskope. Der Zellinhalt besteht gewöhnlich aus einer sehr feinkörnigen, schwammigen Masse (Protoplasma), a. welche von einer aus Cellulose bestehenden Membrane umkleidet ist. In der Mitte der Zellen ist fast immer eine (c) oder auch mehrere (b) helle Zonen bemerkbar, welche durch Anhäufung von Flüssigkeit (Zellsaft) in Hohlräumen (Vacuolen) des Protoplasma gebildet werden. Zellkeime sind nach Brefeld in den Hefezellen nie vorhanden.

Fig. 27.

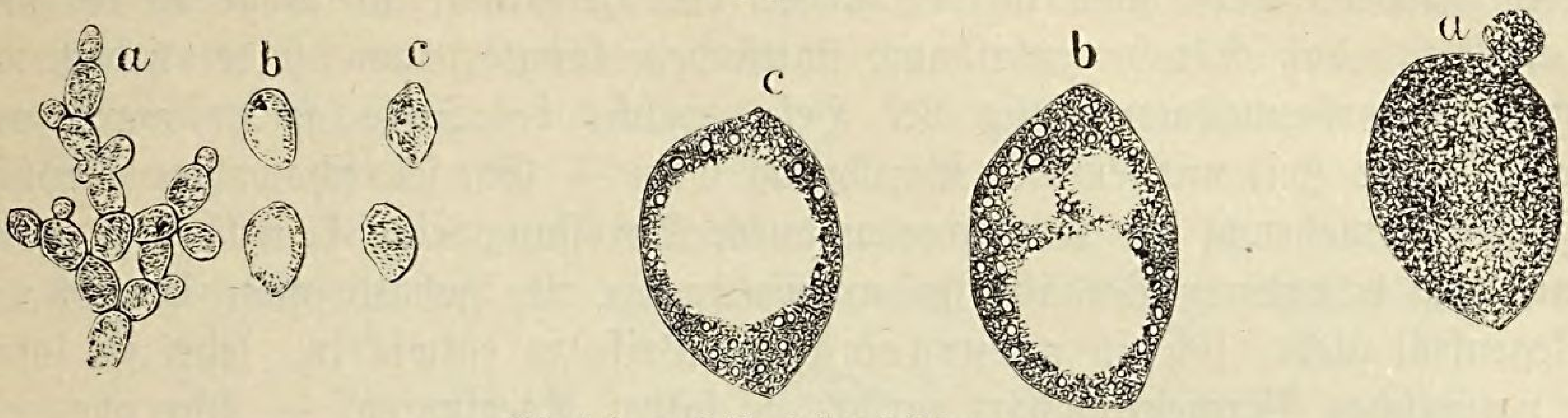


Saccharomyces cerevisiae, Ascosporenbildung nach Brefeld.
(1. 2. c u. d Asci; e u. f keimende Sporen.)

Die Figur 30 stellt die von Brefeld (landw. Jahrb. 1876) gezeichneten Abbildungen von Hefezellen in verschiedenen Entwickelungsstadien dar und zwar sind 1. Zellen, welche im normalen Wachsthum begriffen sind (das Protoplasma ist in diesem Stadium körnig und reich an Vacuolen); 2. ist Hefe, während der Gährung sprossend (ärmer an Vacuolen als die eben genannten); 3., 4. und 5. zeigen das Aussehen von Zellen, welche zu verschiedenen Zeiten während des Fortschreitens der Gährung aus der Flüssigkeit entnommen wurden; 6. und 7. zeigen endlich ganz abgestorbene Hefezellen, welche an dem beträchtlichen Aufschwellen der Hüllmembrane erkannt werden.

Aus den durch neuere Untersuchungen wiederholt bestätigten Entdeckungen von Rees ergiebt sich nun eine Thatsache, welche nicht blos in botanischer und

Fig. 28.



Bierhefe nach Brefelds Zeichnungen.

physiologischer, sondern auch in chemisch-technischer Beziehung von hohem Werthe ist und deren Bedeutung in neuerer Zeit von Pasteur mit Recht hervorgehoben wurde. Die Art der Ernährung der Gährungspilze, namentlich der Umstand

Fig. 29.

Bierhefe in verschiedenen Lebenszuständen nach Brefeld.

ob dieselben in unmittelbarer Berührung mit dem Sauerstoffe stehen oder sich denselben erst auf indirektem Wege durch Zerlegung chemischer Verbindungen verschaffen müssen, ist für die Vermehrungsweise entscheidend. Wir können nach diesem Satze die Vermehrung der Hefepilze auf folgende Weise auffassen:

Hefe,	Hefe,
bei Luftabschluß vegetirend.	bei Luftzutritt vegetirend.
Vermehrung durch Sprossung oder Knospung, fortgesetzt Gährung veranlassend.	Vermehrung durch Bildung von Ascosporen. Uebergang der letzteren in den Ruhezustand.

Ascosporen in gährungsfähige Flüssigkeiten gebracht:
Rückkehr zur Vermehrung durch Sprossung.

In einer für technische Zwecke verwendeten Hefe, Bier- oder Branntweinhefe, findet man naturgemäß nur in seltenen Fällen Ascosporen vor und besteht die Gesammtmasse der Hefe aus Sproßverbänden, welche sich bei Luftabschluß gebildet haben, weil man in der Regel die Hefe nicht so lange an der Luft stehen läßt, daß Ascosporenbildung stattfinden könnte; man findet jedoch die letztere Vermehrungsart häufig bei Hefe, welche bei Seite gesetzt wurde und durch längere Zeit mit Luft in Berührung war. — Es sei schon hier erwähnt, daß die Vermehrung der Ascomyceten durch Sprossung eine künstliche, durch Einleitung besonderer Verhältnisse erzwungene ist; sobald man der Pflanze Gelegenheit giebt, sich in naturgemäßer Weise zu entwickeln, kehrt sie sofort zur natürlichen Vermehrungsart zurück: sie bildet Ascosporen. — Wie oben gesagt, besitzen letztere die Eigenschaft, durch lange Zeit im ruhenden Zustande zu verharren und sich beim Eintritte von für die Ausbildung günstigen Verhältnissen zu fortpflanzungsfähigen Individuen zu entwickeln — eine Fähigkeit, welche der sprossenden Hefe bei weitem nicht in so hohem Grade zukommt; die Pflanze strebt demnach durch die Bildung von Ascosporen nach Erhaltung der Art.

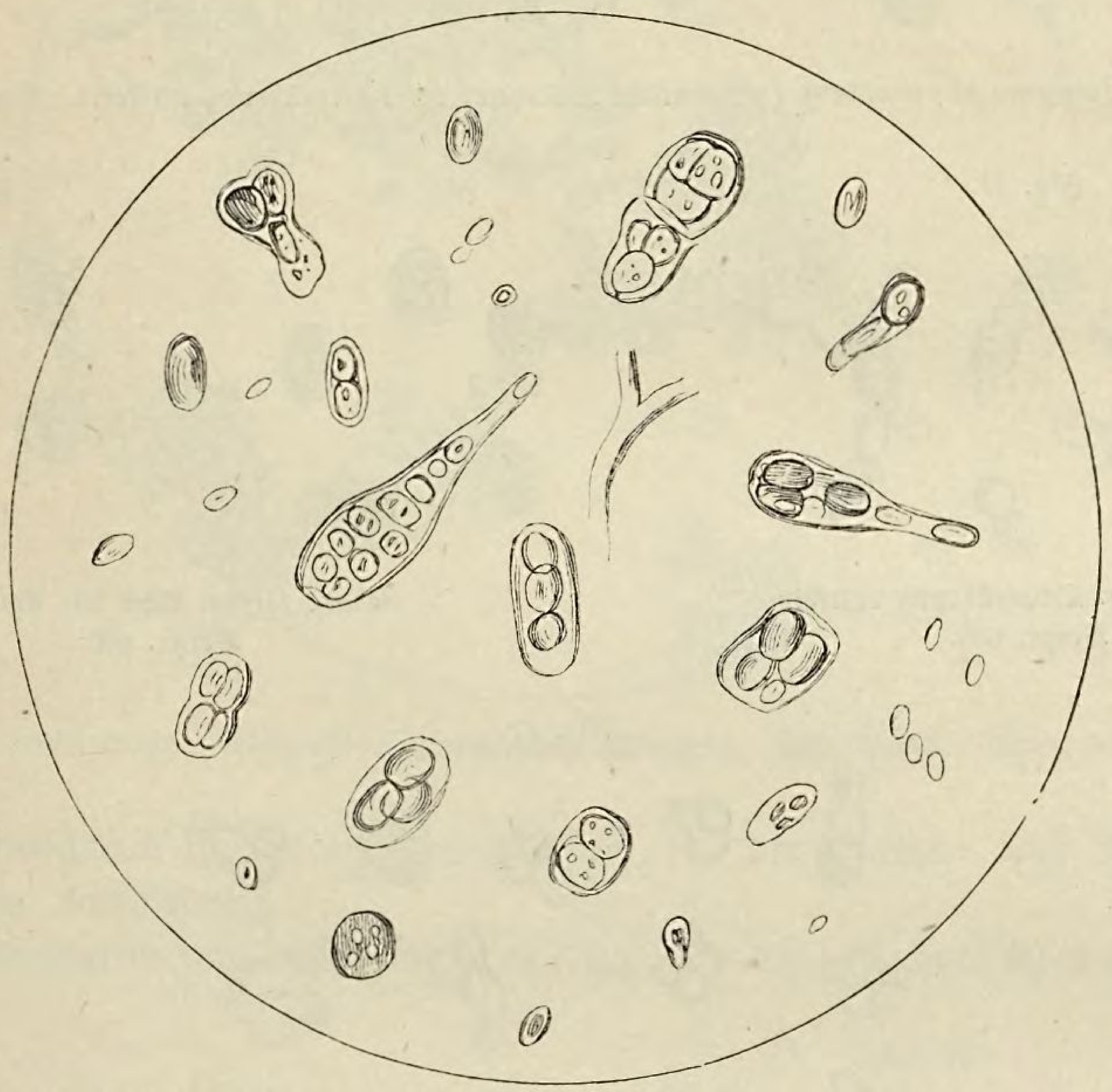
Manche Ascomyceten zeigen das Streben, durch Ascosporenbildung die Erhaltung der Art zu sichern in weit höherem Maße, als Saccharomyces cerevisiae, welch' letztere Pflanze sich wahrscheinlich durch die fortgesetzte Cultur der Vermehrung durch Sprossung mehr angepaßt hat, als jene Ascomyceten, welche den größten Theil des Jahres bei Luftzutritt leben und nur durch kurze Zeit zur Vermehrung durch Sprossung gezwungen sind (das ist während jener Zeit, während welcher sie vergährend wirken). Wir wissen gegenwärtig mit Sicherheit, daß z. B. jene Ascomyceten, welche die Gährung des Traubenmostes und anderer Fruchtsäfte veranlassen, auf den Pflanzen leben, deren Früchte der Vergährung unterzogen werden und Ascosporen bilden, welche sich beim Zerquetschen der Früchte in dem Safte derselben zu Sproßhefe entwickeln. Es erscheint daher ganz natürlich, daß wir bei diesen Ascomyceten — welche, wenn der Ausdruck zulässig erscheint, gleichsam im wilden Zustande oder frei leben, die Bildung von Ascosporen viel häufiger zu beobachten Gelegenheit haben, als bei Saccharomyces cerevisiae, welche Art wir durch andauernde Cultur zur Vermehrung durch Sprossung zwingen und schon so an diese widernatürliche Lebensweise gewöhnt haben, daß sie dieselbe viel länger zu ertragen im Stande ist, als die in gährenden Fruchtsäften vorkommenden.

Die umstehende Abbildung Fig. 30 zeigt Ascosporenbildungen, wie sie sich an der Oberfläche der Beeren reifer Trauben in ungeheuren Mengen vorfinden — untergetaucht entwickeln sie sich zu Sproßhefe.

Obwohl schon früher von mehreren Naturforschern die Verschiedenheit der Formen jener Gährungspflanzen erkannt worden, die in gewissen Nährflüssigkeiten — wie Trauben-, Aepfelsaft u. s. w. — auftreten und auch Pasteur schon ein eigenthümliches „Alkoholferment der Weingährung“ und eine „Varietät“ derselben erkannte, gebührt doch Rees ganz bestimmt das Verdienst, in Bezug auf die Kenntniß der Gährungsfermente Bahn brechend gewirkt und uns mit

einer größeren Anzahl von Species der Gattung Saccharomyces bekannt gemacht zu haben, welche sämmtlich geistige Gährung veranlassen können. — Der Umstand, daß seit Veröffentlichung der Arbeiten von Rees noch andere Saccharomyces-Arten entdeckt wurden, kann das Verdienst dieses Gelehrten nicht schmälern, sondern nur erhöhen, indem diese Entdeckungen — wenn auch indirekt — den Rees'schen Arbeiten zu danken sind. — Wir geben nachstehend eine Charakteristik der von Rees und seinen Nachfolgern beschriebenen Saccharomyces-Formen, welche bestimmt als Alkoholfermente wirken — wir thun dies aber mit dem Bewußtsein, daß wir eine Schilderung von Verhältnissen geben, welche

Fig. 30.



Gährungs-Organismen (Ascosporen) auf der Oberfläche von Traubenbeeren. Nach Bersch. Vergr. 500.

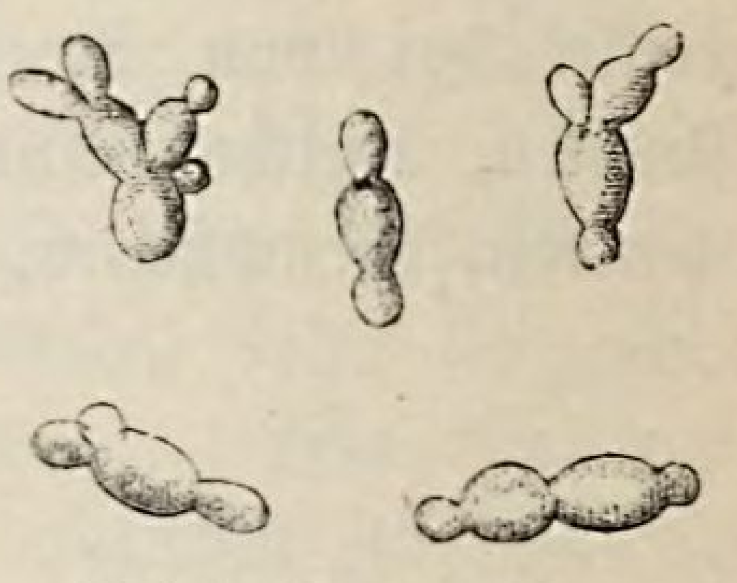
vielleicht in nächster Zukunft als nicht mehr richtig erkannt werden. — In seinem neuesten größeren Werke — den Studien über das Bier (1876) spricht nämlich Pasteur von so vielen „Arten" von „Hefe" und begleitet die Beschreibung mit so zahlreichen Abbildungen, daß sich der Lösung der Frage über die botanischen Verhältnisse der Fermente neue Hindernisse in den Weg stellen. — Wenn sich nämlich die Pasteur'schen Arbeiten als richtig erweisen und die mannichfaltigen von ihm beschriebenen und abgebildeten „Hefen" wirklich als besondere Pflanzenarten erweisen, so müssen wir annehmen, daß die Zahl jener Organismen, welche Alkoholgährung bewirken, eine ungemein große ist. Vorläufig müssen wir uns auf die Beschreibung jener Arten von Fermenten beschränken, über welche wir genauere Kenntniß besitzen.

Saccharomyces ellypsoideus ist von Rees zuerst als neue Species festgestellt worden und ist jenes Ferment, welches schon früher von Pasteur als „gewöhnliches Alkoholferment des Weines" bezeichnet worden. Dieses Ferment (Fig. 31—37) zeigt elliptische Sprossungszellen (daher der Name), welche aber bedeutend kleiner

Fig. 31.

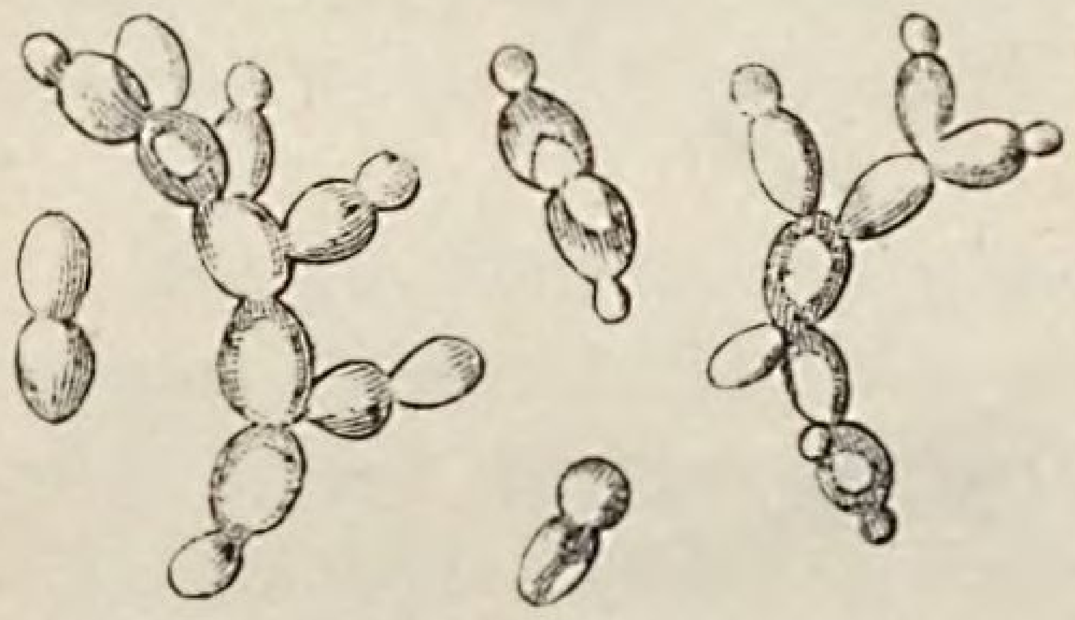
Fig. 32.

Fig. 33.



Saccharomyces ellypsoideus (gewöhnliche Weinhefe) bei Untergährung cultivirt. Vergr. 600.

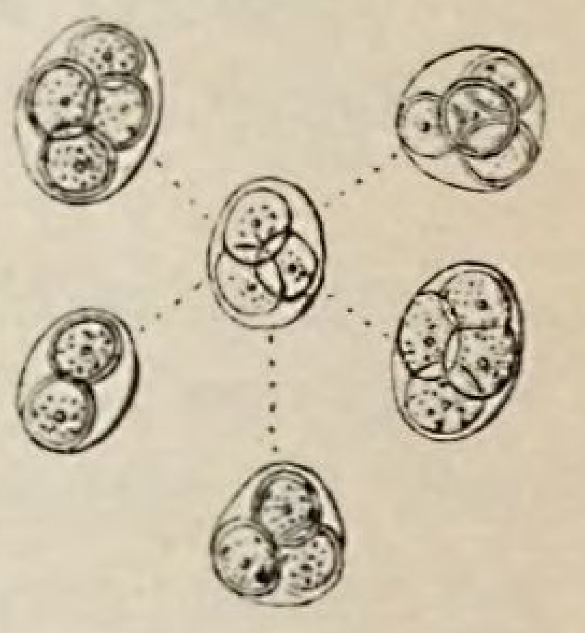
Fig. 34.



Sacch. ellyps. Obergährung cultivirt. Vergr. 600.

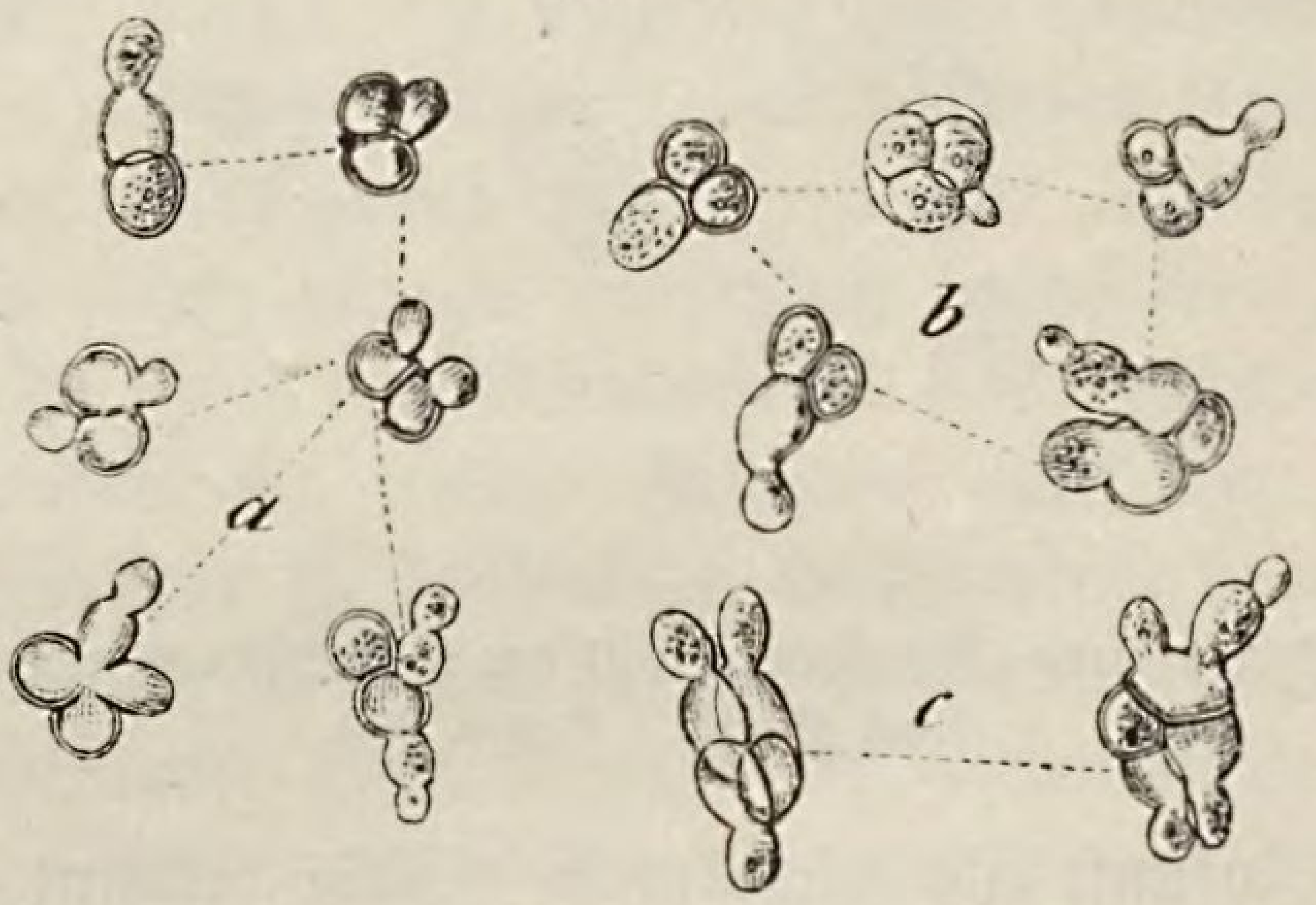
Fig. 35.

Fig. 36.



Sacch. ellyps. Asci mit Sporen. Vergr. 600.

Fig. 37.

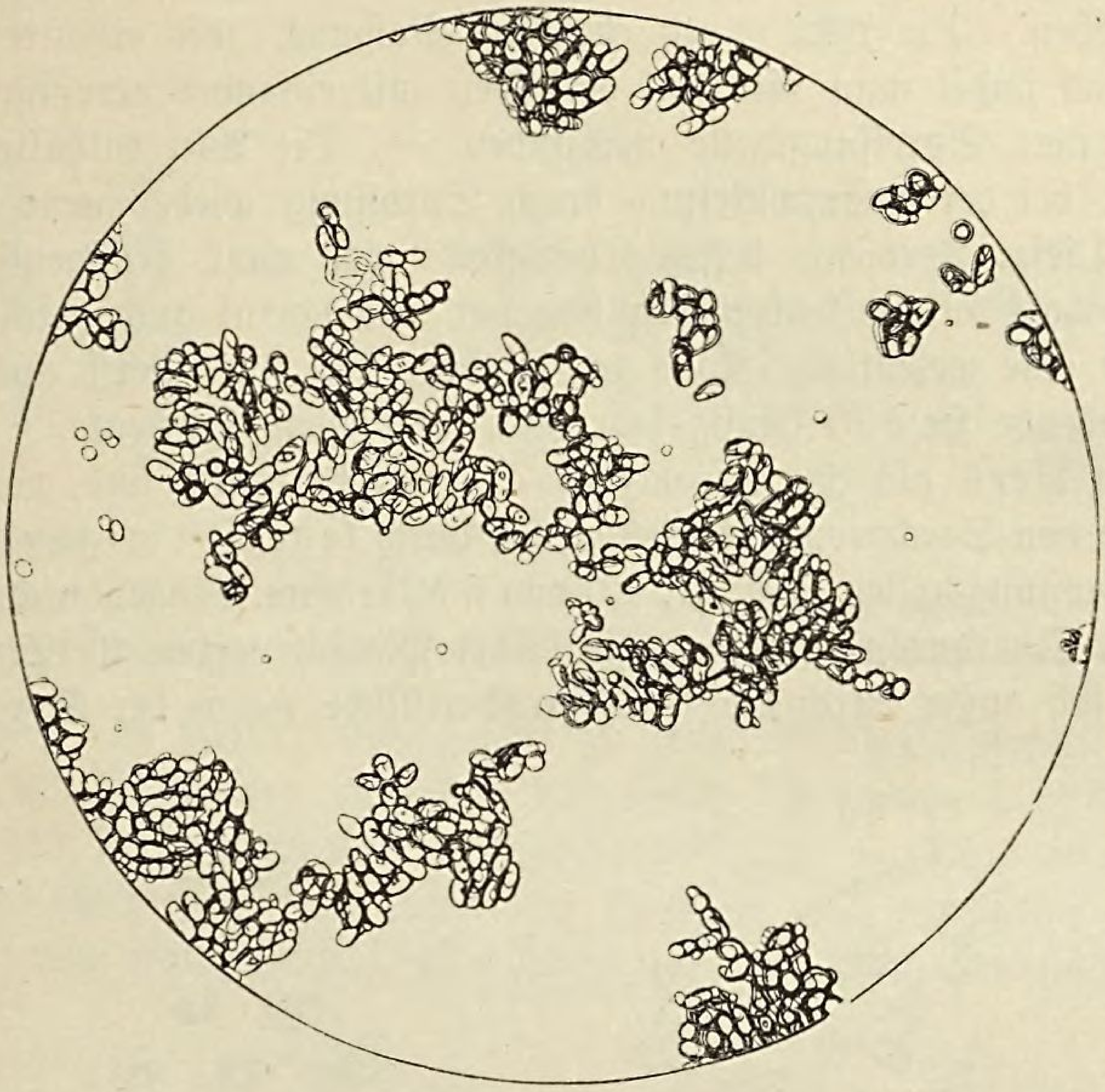


Sacch. ellyps. Entwickelung der Ascosporen. Sämmtliche Abbildungen nach Rees. Vergr 600.

sind, als jene von Saccharomyces cerevisiae und einen Längsdurchmesser von etwa 6 Mikromm. besitzen; bei rascher Vegetation bildet dieses Ferment verzweigte kurze Zellenreihen (Fig. 33, 34), bei langsamer lösen sich aber die Zellen sehr leicht von einander, wie dies z. B. in Fig. 38, die nach einer vom Verfasser dieses Werkes nach der Natur aufgenommenen Photographie angefertigt wurde, ersichtlich wird. — Auch bei diesem Fermente ist die Bildung von Ascosporen (Fig. 35, 36) bestimmt nachgewiesen und enthalten die Asci meistens zwei, seltener bis zu vier Sporen, von 3 bis 3,5 Micromm. Durchmesser.

Während die erst beschriebene Art (Saccharomyces cerevisiae) in Bierwürze und Branntweinmaischen am besten gedeiht, kommt Saccharomyces ellyp-

Fig. 38.

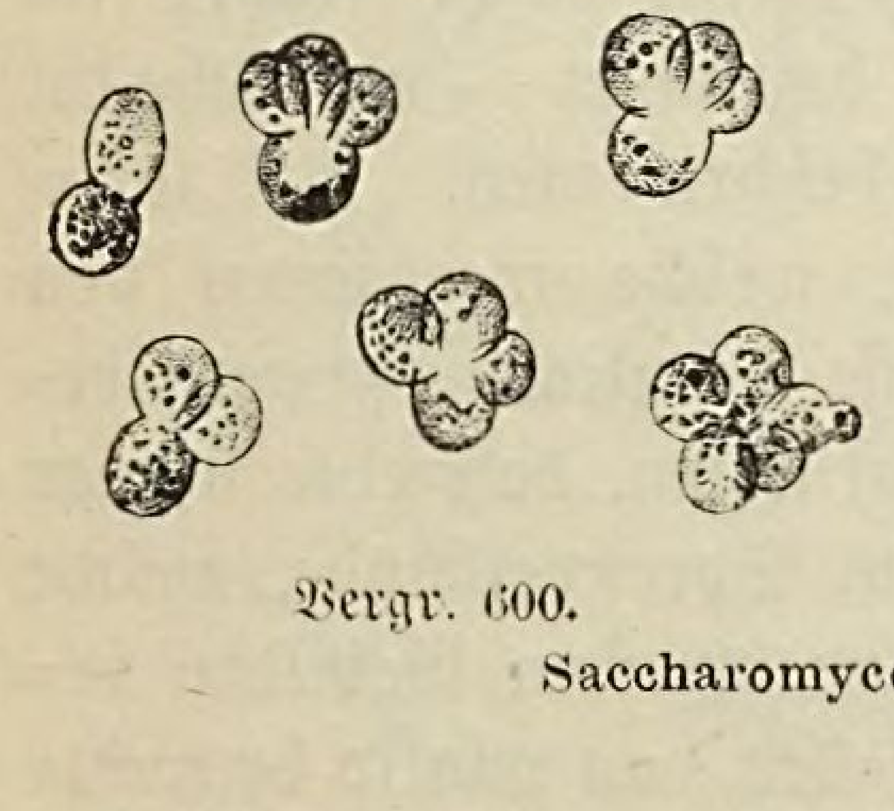


Saccharomyces ellypsoideus (gewöhnliche Weinhefe). Nach Versch. Vergr. 500.

soideus gewöhnlich in Weinmost und zwar bei der Haupt- und Nachgährung desselben zur Ausbildung.

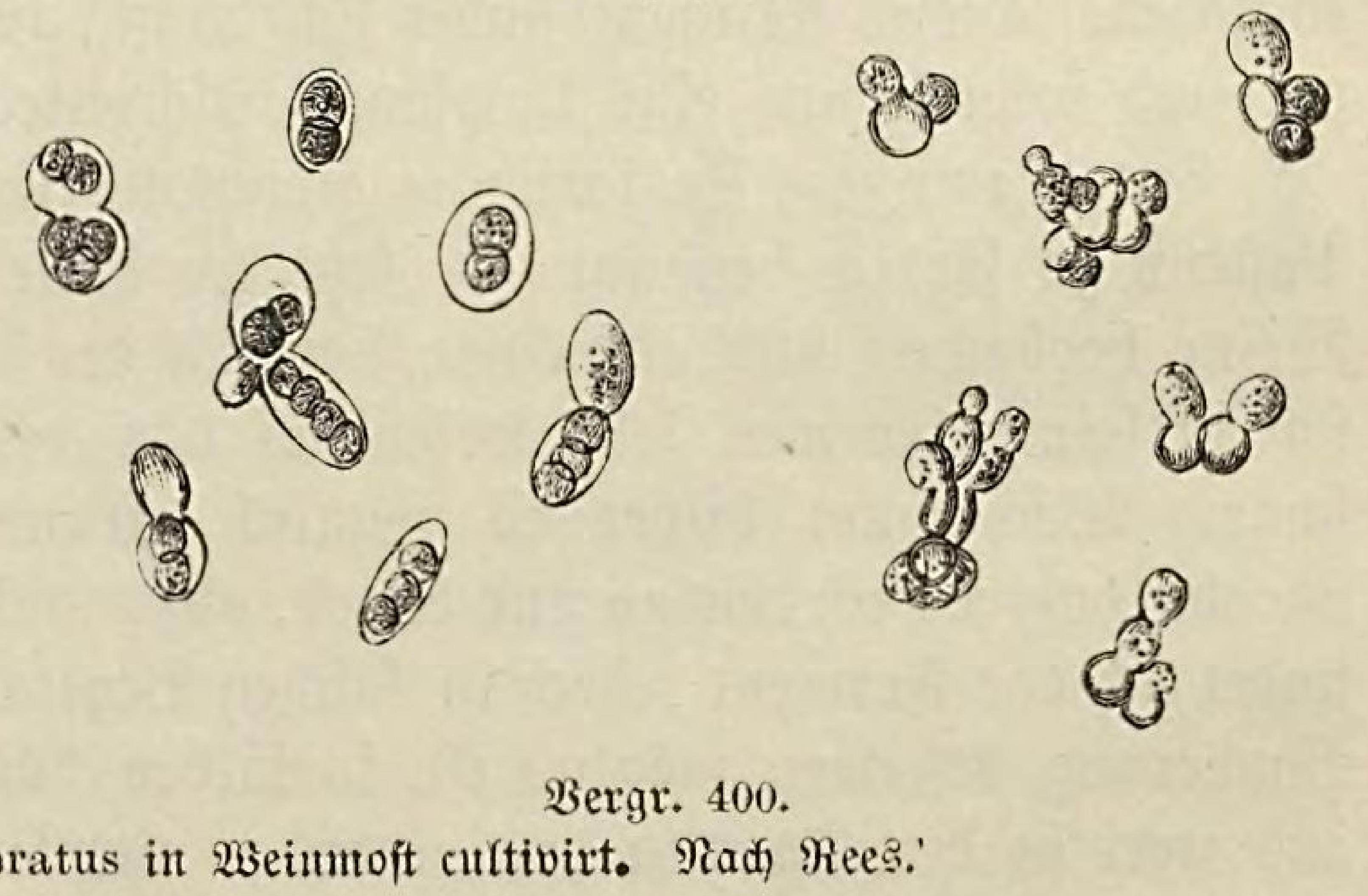
Als Saccharomyces conglomeratus (Fig. 39—40) bezeichnet Rees ein ebenfalls

Fig. 39.



Vergr. 600.

Fig. 40.



Vergr. 400.

Saccharomyces conglomeratus in Weinmost cultivirt. Nach Rees.

von ihm zuerst genau bestimmtes Alkoholferment, dessen Sprossungszellen von kugelförmiger Gestalt sind, einen Durchmesser von 5 bis 6 Mikromm. besitzen,

und welches sich durch die eigenthümliche Art der Sproßverbände auszeichnet. Die Sproßverbände bilden nämlich Knäuel, welche auf die Weise entstehen, daß aus der Achsel zweier älterer Zellen, bevor dieselben in der Richtung ihrer Längsachse weiter sprossen, meist gleichzeitig mehrere Sprossungen als Verzweigungen entstehen. Die Asci zeigen ebenfalls Neigung, mit einander verbunden zu bleiben und findet man oft zwei derselben mit einander vereinigt oder einen Ascus mit einer Sprossungszelle verbunden. — Die Asci enthalten zwei bis vier Sporen, bei deren Entwickelung durch Sprossung wieder neue Knäuel entstehen. — Dieses Ferment, dessen Thätigkeit noch nicht genügend studirt ist, kommt massenhaft auf faulenden Trauben vor und scheint auch beim Beginn der Weingährung eine wesentliche Rolle zu spielen; die sich zuerst aus gährendem Moste abscheidende Hefe ist häufig sehr reich an diesem Fermente.

Die von Rees als Saccharomyces exiguus benannte und von ihm entdeckte Species von Saccharomyces zeichnet sich durch kegelförmige oder kreiselförmige Sprossungszellen (Fig. 41, 42) von 5 Mikromm. Längendurchmesser gegen 2,5 Mikromm. Querdurchmesser aus; sie bildet spärlich verzweigte Sproßverbände und zeichnet sich außer durch die sehr charakteristische Form der Sprossungszellen

Fig. 41.

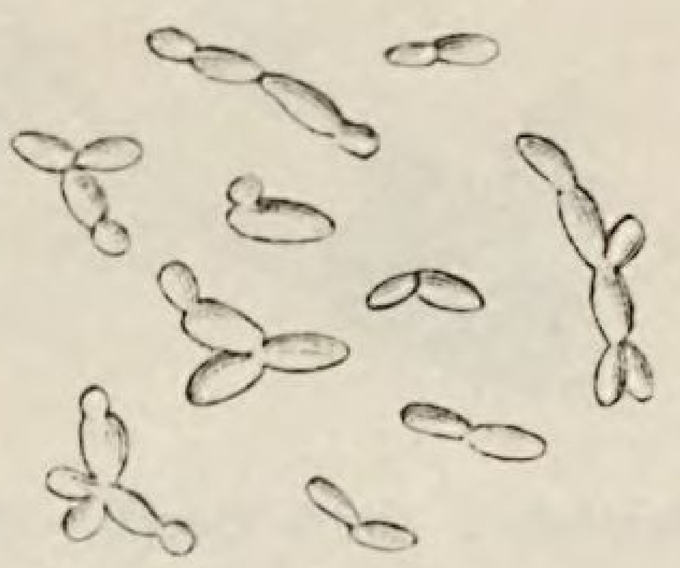
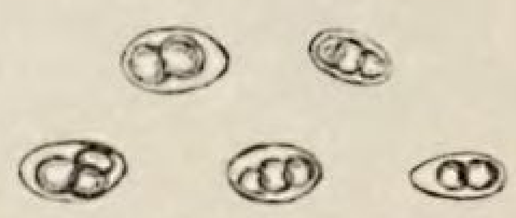


Fig. 42.



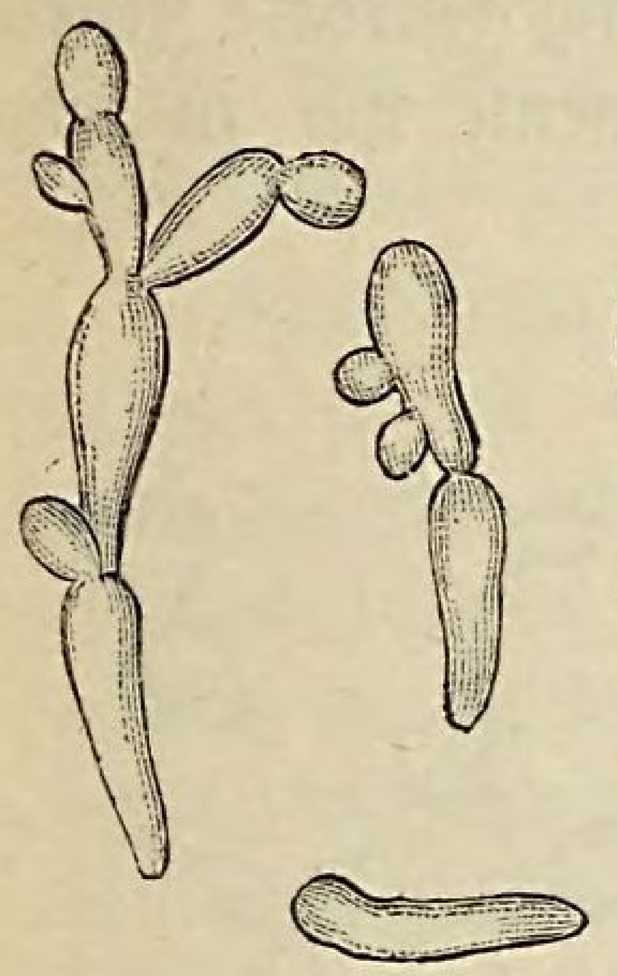
Saccharomyces exiguus. Nach Rees. Vergr. 350.

noch dadurch aus, daß die Ascosporenbildung in der Weise erfolgt, daß in einer von den Sprossungszellen losgetrennten Ascuszelle zwei oder drei Sporen zur Entwickelung kommen, welche in einer Längsreihe — somit hintereinander liegend, entstehen. Dieses Ferment findet sich häufig in der Nachgährungshefe des Bieres vor und bewirkt nur eine langsam fortschreitende Vergährung.

Saccharomyces Pastorianus gleichfalls von Rees zuerst genau bestimmt und Pasteur zu Ehren benannt — letzterer hatte dieses Ferment schon früher im Weine beobachtet und als eine „Varietät der Weinhefe" bezeichnet — unterscheidet sich in seinen Formen sehr wesentlich von den bisher beschriebenen. Bei langsamem Wachsthum bildet es ziemlich eirunde Zellen, welche mit jenen von Saccharomyces cerevisiae und Sacch. ellypsoideus gewisse Aehnlichkeit zeigen; befindet sich das Ferment jedoch in solchen Vegetationsverhältnissen, daß eine üppige Wucherung desselben möglich ist, so bilden sich verzweigte Sproßverbände, welche aus zwei in den Formen von einander ziemlich stark abweichenden Gebilden bestehen. — Es bilden sich nämlich zuerst rautenförmige Zellen von relativ beträchtlicher Größe. (Der Längendurchmesser derselben beträgt zwischen 18 und 22 Mikromm.) an welchen sich andere Zellen abschnüren, welche aber von kugelförmiger

oder elliptischer Form sind und 5 bis 6 Mikromm. messen. Die Ausbildung erfolgt in der Weise, daß die Ascuszelle isolirt ist und sich in derselben zwei bis vier Sporen von sehr geringer Größe (2 Mikromm. Durchmesser) ausbilden.

Fig. 43.



Vergr. 400.

Fig. 44.

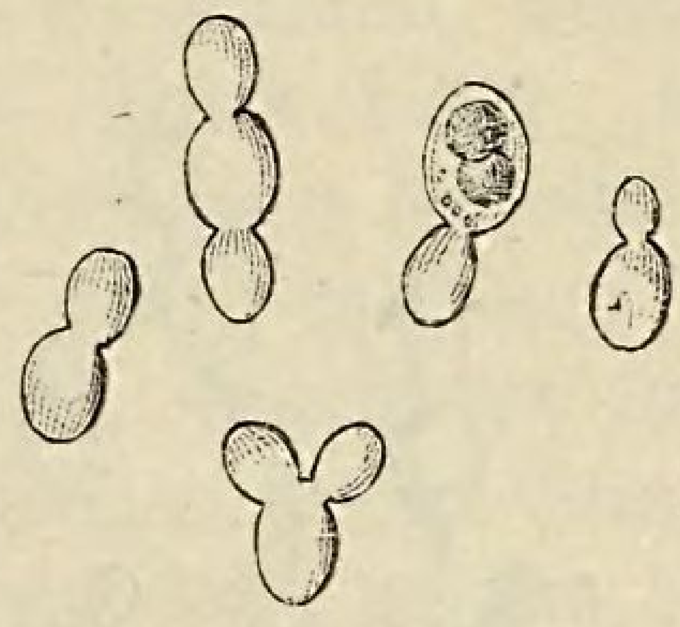
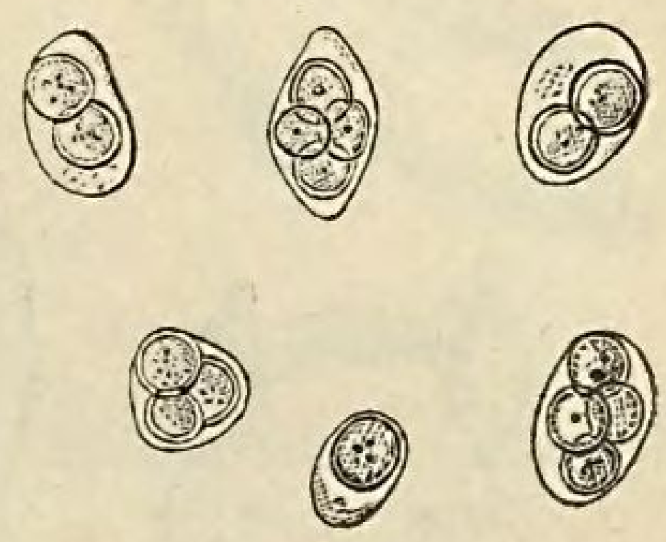


Fig. 45.

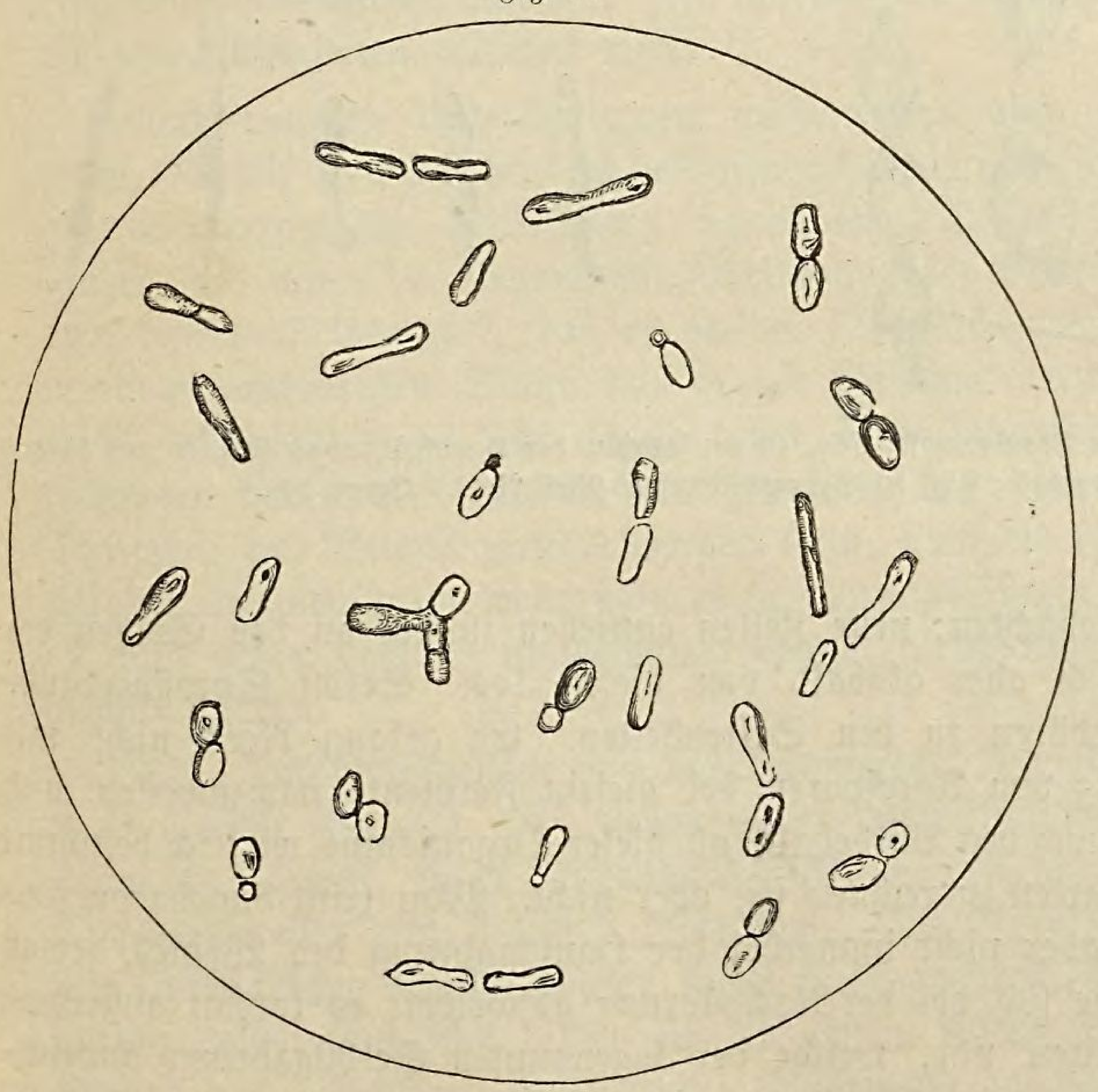


Vergr. 600.

Saccharomyces Pastorianus in verschiedenen Entwickelungszuständen. Nach Rees.

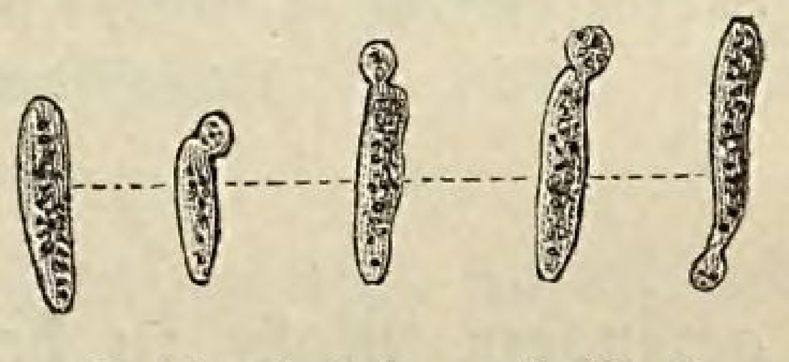
Saccharomyces Pastorianus gehört zu jenen Alkoholfermenten, welche gewöhnlich bei Nachgährungen auftreten, und findet sich besonders in Rothweinhefe, in der Hefe von Obstweinen und selbstgährigen Bieren. — Figur 46 gibt eine Abbildung dieses Fermentes nach einer vom Verfasser nach der Natur angefertigten Photographie von Rothweinhefe, und Figur 47 nach einer Zeichnung von Rees.

Fig. 46.



Rothweinhefe (Sacch. Pastorianus?) Vergr. 500.

Fig. 47.



Rothweinhefe nach Rees.
Vergr. 350.

Saccharomyces apiculatus, von Rees entdeckt und benannt, ist durch die an beiden Polen mit Ausbauchungen versehenen Sprossungszellen, die sich ihrer Gestalt nach am besten mit einer Citrone vergleichen lassen, leicht zu erkennen. Die Zellen haben 6 bis 8 Mikromm. Längendurchmesser bei einem Querdurchmesser von 2 bis 3 Mikromm. Mitunter kommen jedoch auch fadenförmig gestreckte Zellen vor. Die Bildung von Sproßverbänden ist bei diesem Fermente nur in sehr

Fig. 48.

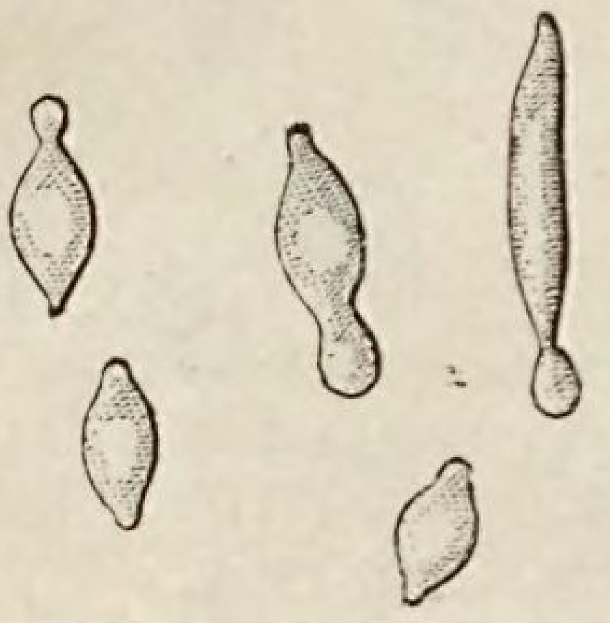


Fig. 49.

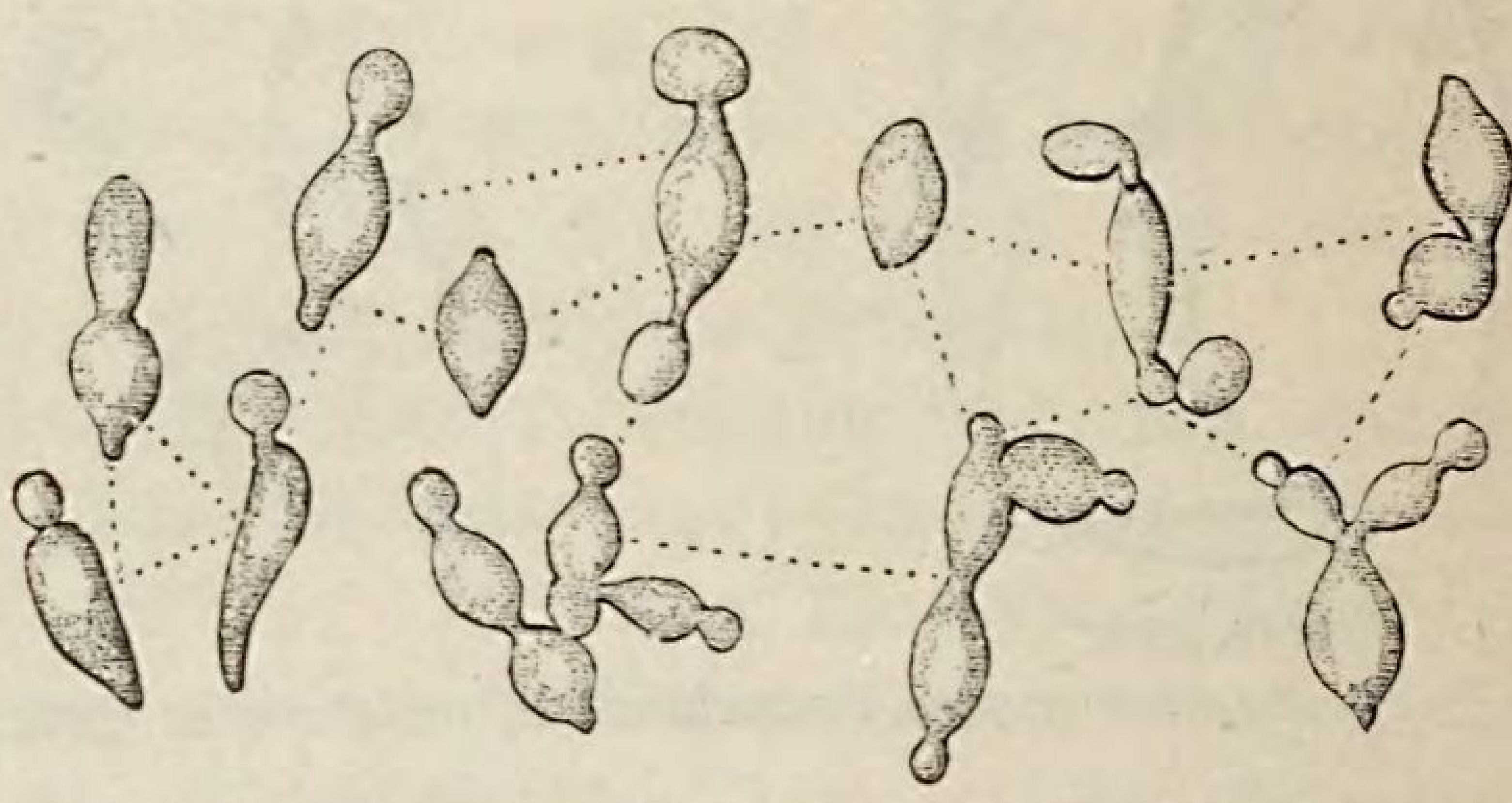


Fig. 50.

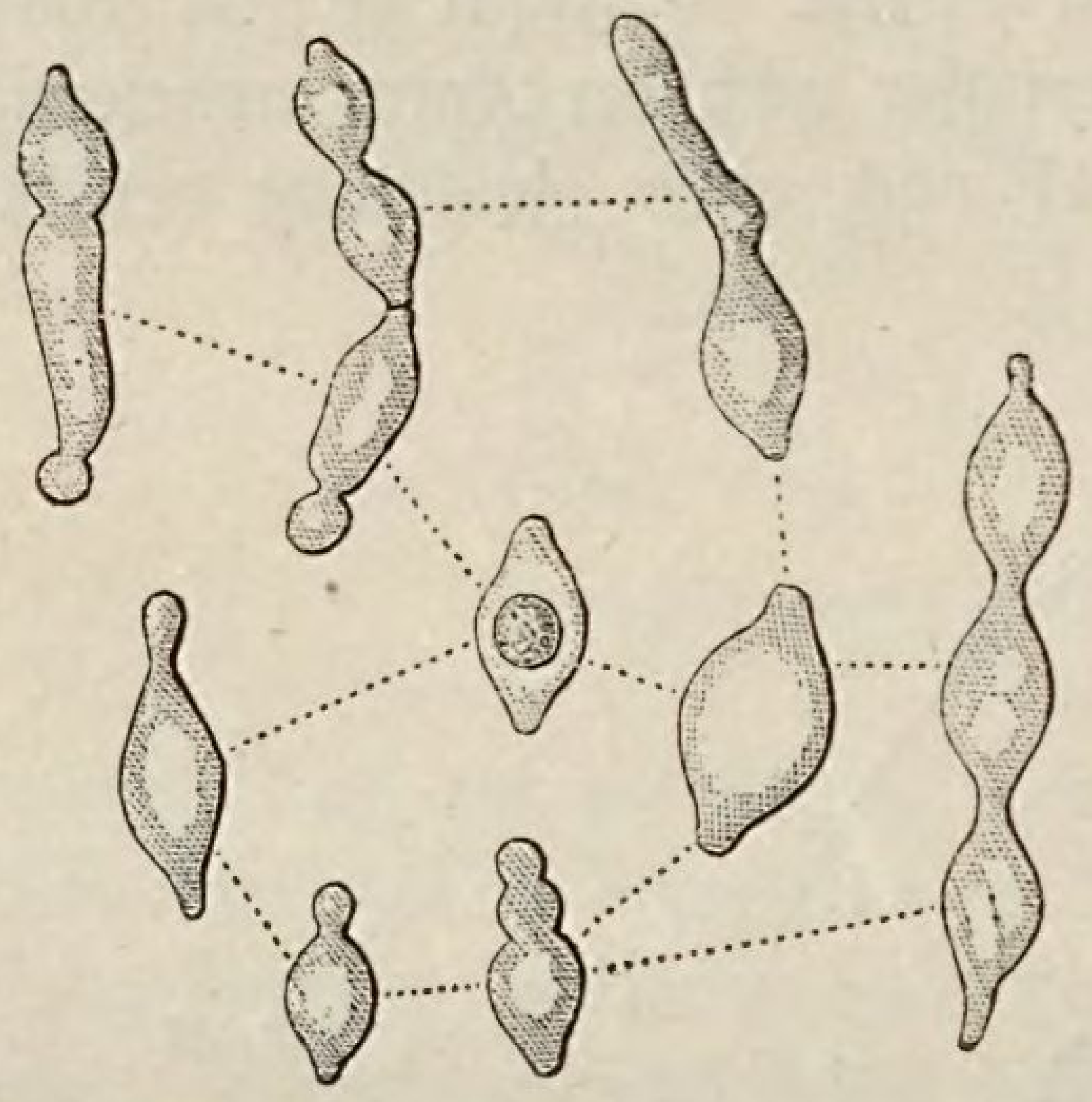
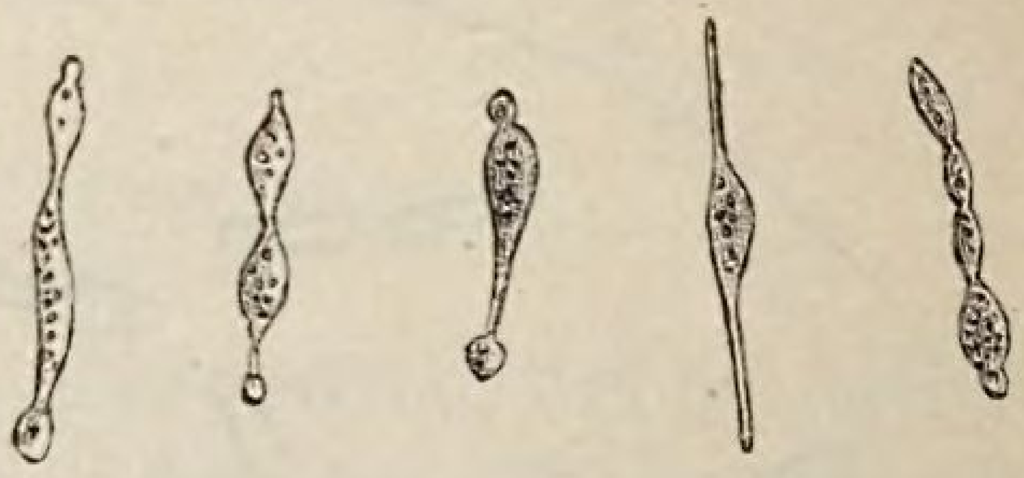


Fig. 51.



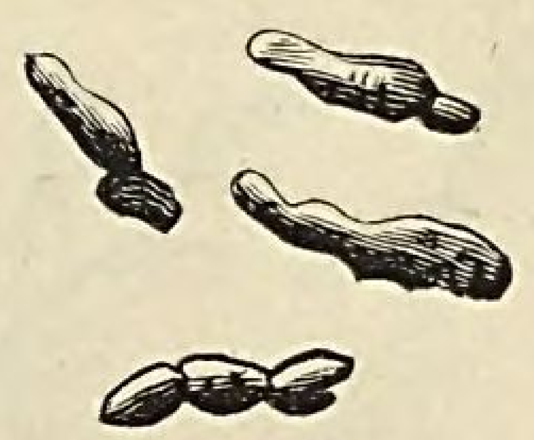
Saccharomyces apiculatus in Traubenmost; Fig. 48 am Beginn der Hauptgährung; Fig. 49 und 51 aus Nachgährungshefe; Fig. 50 Sporenbildung? Nach Rees. Vergr. 300.

geringem Maße zu beobachten; neue Zellen entstehen immer an den Spitzen der Mutterzellen, lösen sich aber alsbald von diesen los. Selbst Sproßverbände mit einigen Zellen gehören zu den Seltenheiten. Es gelang Rees nicht mit Sicherheit, die Bildung von Ascosporen bei diesem Fermente nachzuweisen, und machte daher derselbe noch den Vorbehalt, ob dieser Organismus wirklich bestimmt zu den Saccharomycesarten zu rechnen sei, oder nicht. Man trifft Saccharomyces apiculatus häufig — aber nicht immerbei der Hauptgährung des Weines, jedoch nicht in der Hefe, welche sich bei der Nachgährung abscheidet; es kommt außerdem auch noch in Flüssigkeiten vor, welche der sogenannten Selbstgährung anheimfallen, daß ist in solchen, die ohne Zusatz eines Fermentes zu gähren anfangen.

Nach Engel, welcher sich mit denselben Untersuchungen wie Rees beschäftigte, ist das eben beschriebene Ferment wegen seiner von den übrigen Saccharomycesarten etwas abweichenden Vermehrungsweise nicht zu diesen zu stellen und benennt es Engel aus diesem Grunde als Carpozyma apiculatum; nach ihm sind die Sporenbehälter oder Kapseln (die Asci nach der Rees'schen Bezeichnungsweise) kugelförmig, mit einer Ueberhaut versehen, die Sporen werden in denselben sehr langsam aber in großer Zahl entwickelt.

Saccharomyces Reessii ist ein Ferment, welches cylindrische in die Länge gestreckte Zellen bildet, bei denen man bis nun ebenfalls nur Sprossungen beobachtet hat; es ist noch fraglich, ob dieses Ferment, das man besonders häufig in Rothweinmosten findet, Ascosporen bildet oder nicht; im letzteren Falle müßte man es zu einer anderen Art von Pilzen zählen, als jene sind, welchen die vorbeschriebenen Saccharomycesarten zuzählt.

Fig. 52.



Saccharomyces Reessii.
Vergr. 350.

Zu den ebenfalls noch nur sehr unvollkommen gekannten Alkoholfermenten muß auch jenes gerechnet werden, welches von Engel als Saccharomyces minor benannt wurde, und von ihm in der Hefe des gährenden Brotes nachgewiesen wurde. Die Zellen dieses Fermentes haben beinahe Kugelgestalt, einen Durchmesser von sechs bis sieben Mikromm; die Sproßverbände desselben haben Aehnlichkeit mit jenen von Saccharomyces cerevisiae. Bis nun hat man dieses Ferment mit Sicherheit nur im gährenden Brote vorgefunden und fehlen noch eingehendere Versuche darüber, wie sich dasselbe verhält, wenn es in gährungsfähigen Flüssigkeiten cultivirt wird.

Nach neueren Untersuchungen müssen wir auch zu den Saccharomycesarten, die wir in Vorstehendem beschrieben haben, noch jene Art rechnen, die Rees als Saccharomyces Mycoderma bezeichnete. Dieses Ferment war schon seit langer Zeit unter der Bezeichnung Weinkahn oder Bierkahn gekannt; man wußte aber von demselben nur, daß es an der Oberfläche der Flüssigkeiten lebend, die in ihnen enthaltenen Stoffe mit großer Raschheit zerstört — oxydirt — und zählte es deshalb zu den sogenannten Verwesungsfermenten. Neuere Untersuchungen haben aber den Beweis geliefert, daß dieses Ferment, durch dessen Thätigkeit der Alkohol zerstört werden kann, auch die Fähigkeit besitze, Zucker in Alkohol umzuwandeln, wenn man es in gährungsfähigen Flüssigkeiten untertaucht; es muß daher dasselbe in gewissem Sinne gleichfalls zu den Alkoholfermenten gezählt werden.

Die Sprossungszellen von Saccharomyces Mycoderma zeigen eine schöne ovale Gestalt (Fig. 53—54), nehmen aber unter Umständen auch eine cylindrische Form an, haben einen Längendurchmesser von 6 bis 7 Mikromm, bei einem Querdurchmesser von 2 bis 3 Mikromm. Die Sproßverbände sind sehr reich. Die Entwickelung der Ascosporen findet in langgestreckten — bis zu 20 Mikromm. langen Zellen statt und bilden sich in einem Ascus gewöhnlich zwei oder drei Sporen aus. Bei lang andauernder Wucherung auf bestimmten Nährflüssigkeiten

oder bei der Cultivirung auf Flüssigkeiten, welche dieses Ferment nur schlecht zu ernähren vermögen, ändert dasselbe in seiner Gestalt sehr bedeutend ab und nimmt Formen an, welche durch Figur 55 versinnlicht werden.

Fig. 53.

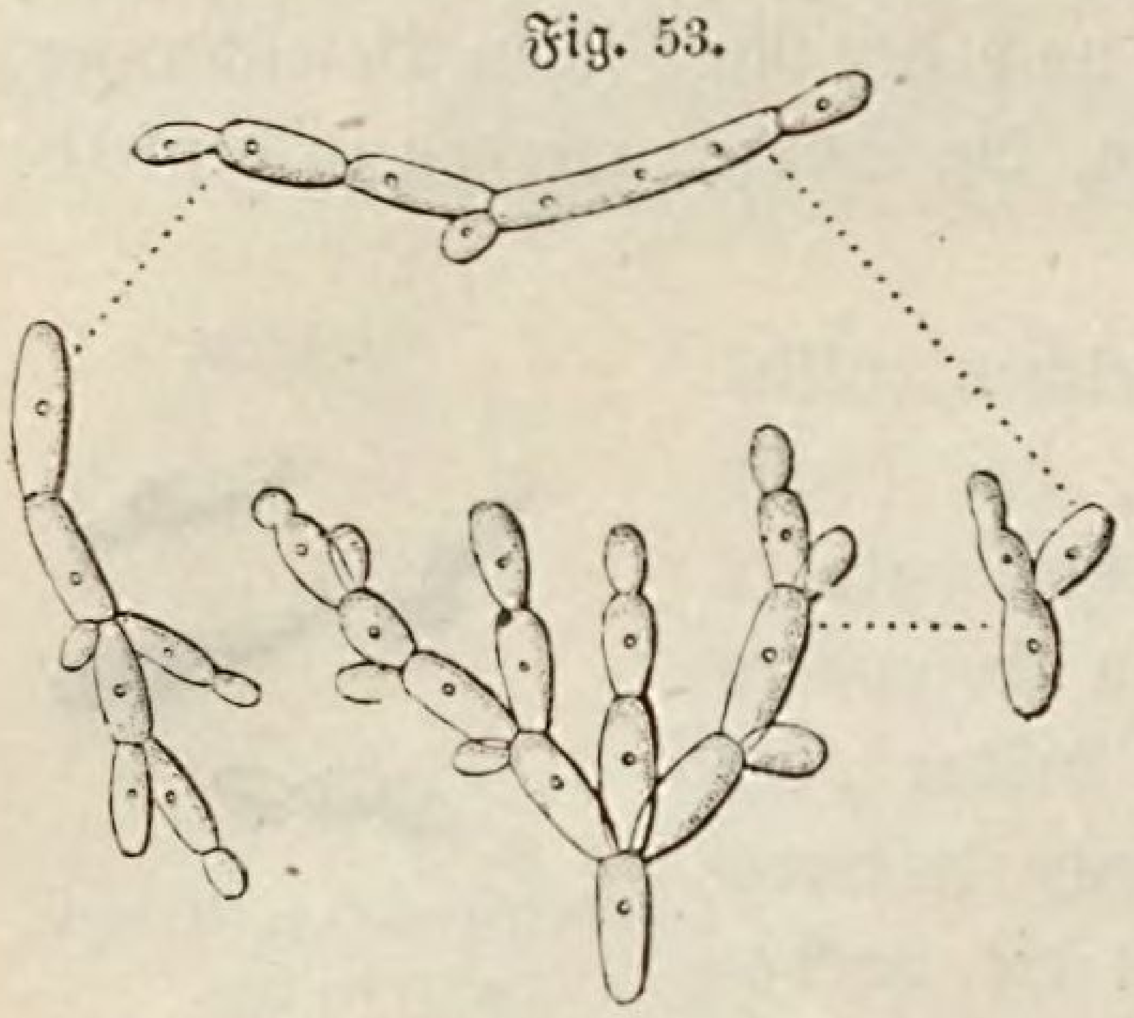
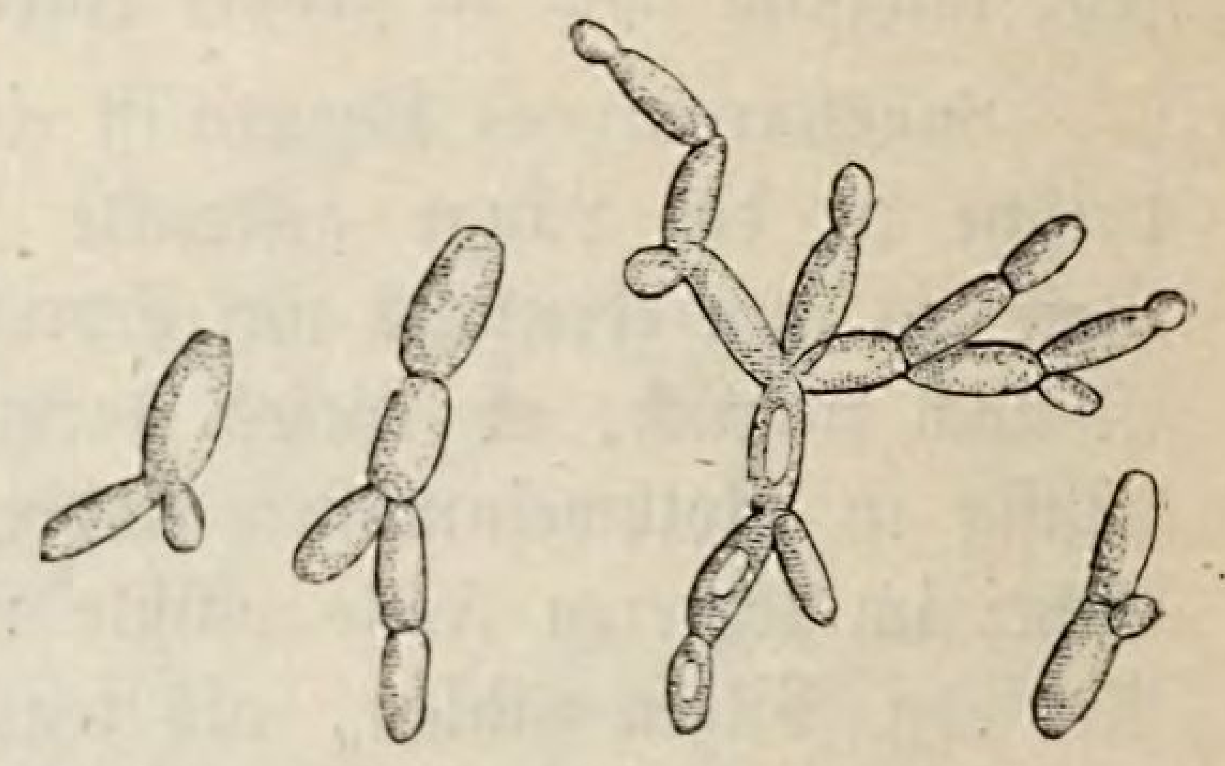


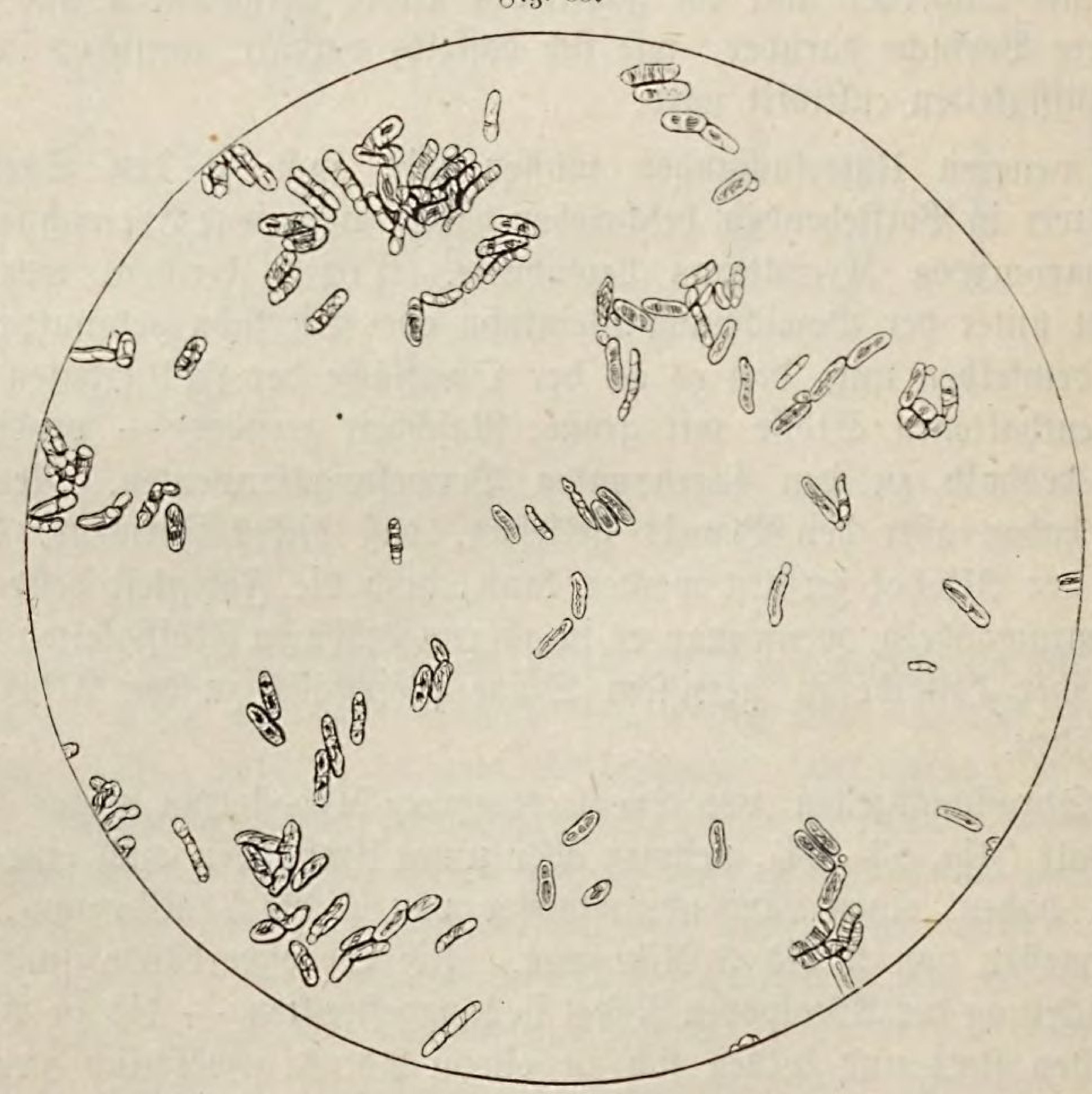
Fig. 54.



Saccharomyces Mycoderma, Weinkahn. Nach Rees. Vergr. 350.

Saccharomyces Mycoderma ist sich selbst überlassen ein Verwesungsferment, d. h. es verwandelt schließlich die ihm dargebotenen organischen Nahrungsstoffe in Kohlensäure und Wasser — in gährungsfähige Flüssigkeiten untergetaucht, vermag es als ächtes Alkoholferment zu wirken und nimmt bei dieser ihm auf=

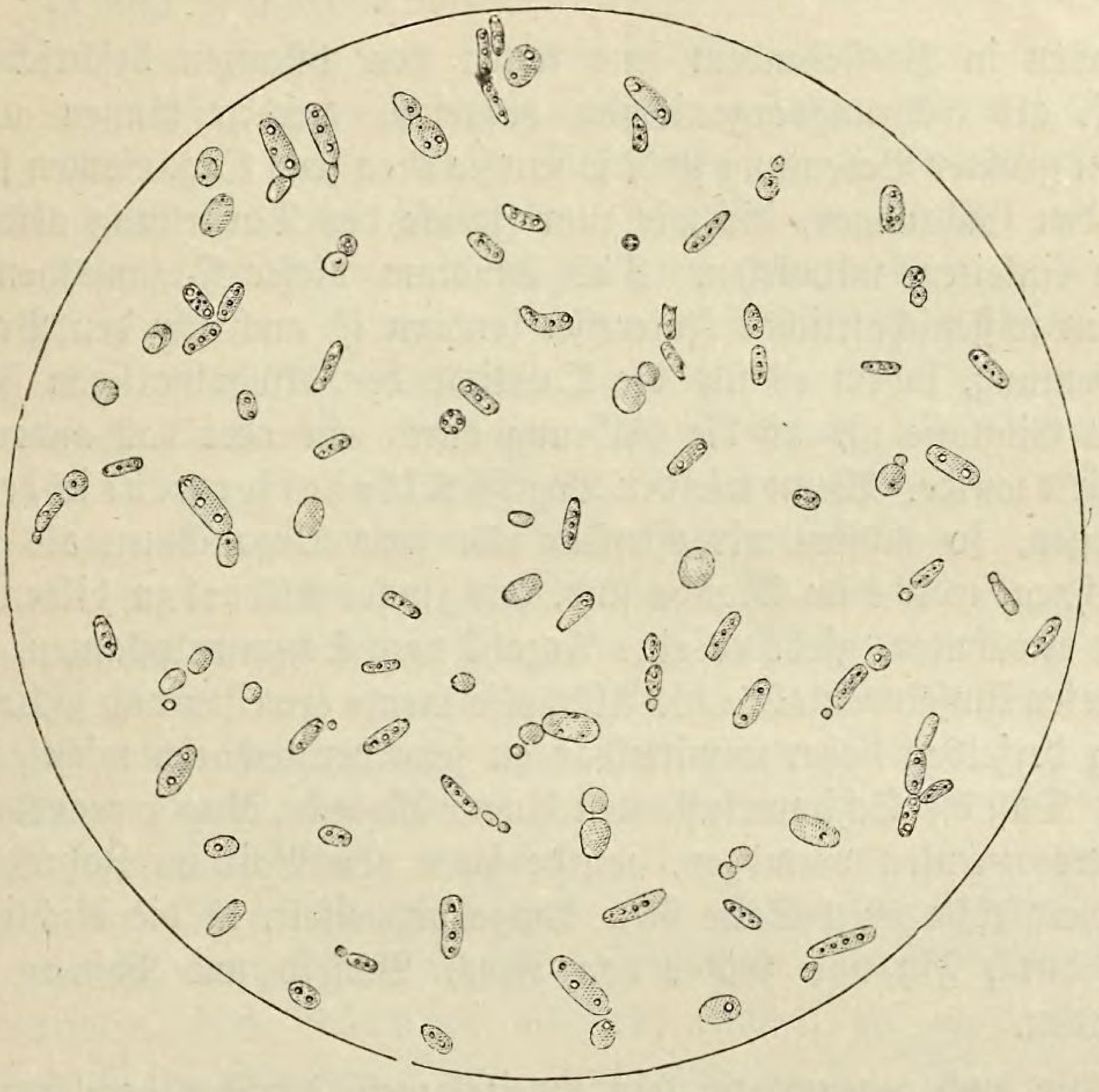
Fig. 55.



Saccharomyces Mycoderma nach langer Cultur auf Wein. Nach einer Photographie. Vergr. 500.

gezwungenen Lebensweise wieder andere Formen an. Die untenstehende Abbildung — Fig. 56 — zeigt die Formen von Saccharomyces Mycoderma nachdem Ferment eine zeitlang in einer gährungsfähigen Flüssigkeit untergetaucht gelebt dieses und in derselben Alkoholgährung hervorbrachte.

Fig. 56.



Saccharomyces Mycoderma als Alkoholferment. Nach einer Photographie. Vergr. 500.

Unter den vielen Alkoholfermenten, welche Pasteur in seinem neuesten, schon mehrfach erwähnten Werke: Studien über das Bier beschreibt und abbildet, ist besonders eines derselben hervorzuheben, weil Pasteur dasselbe mit Bestimmtheit

Fig. 57.

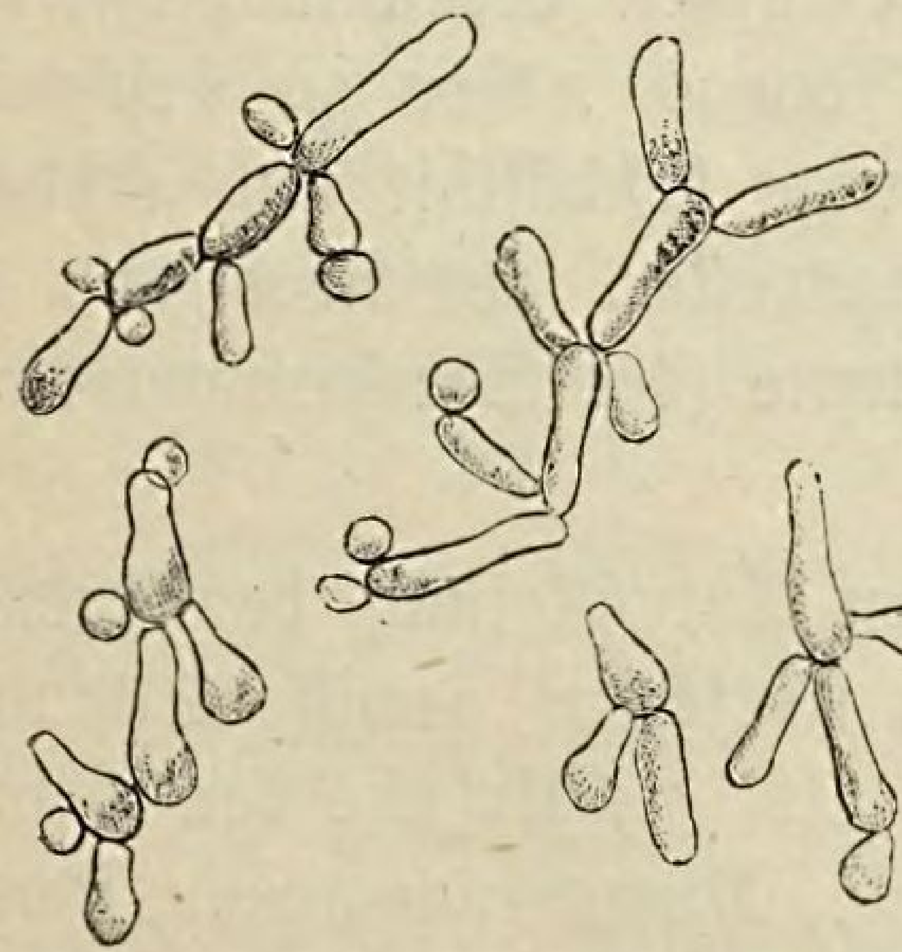
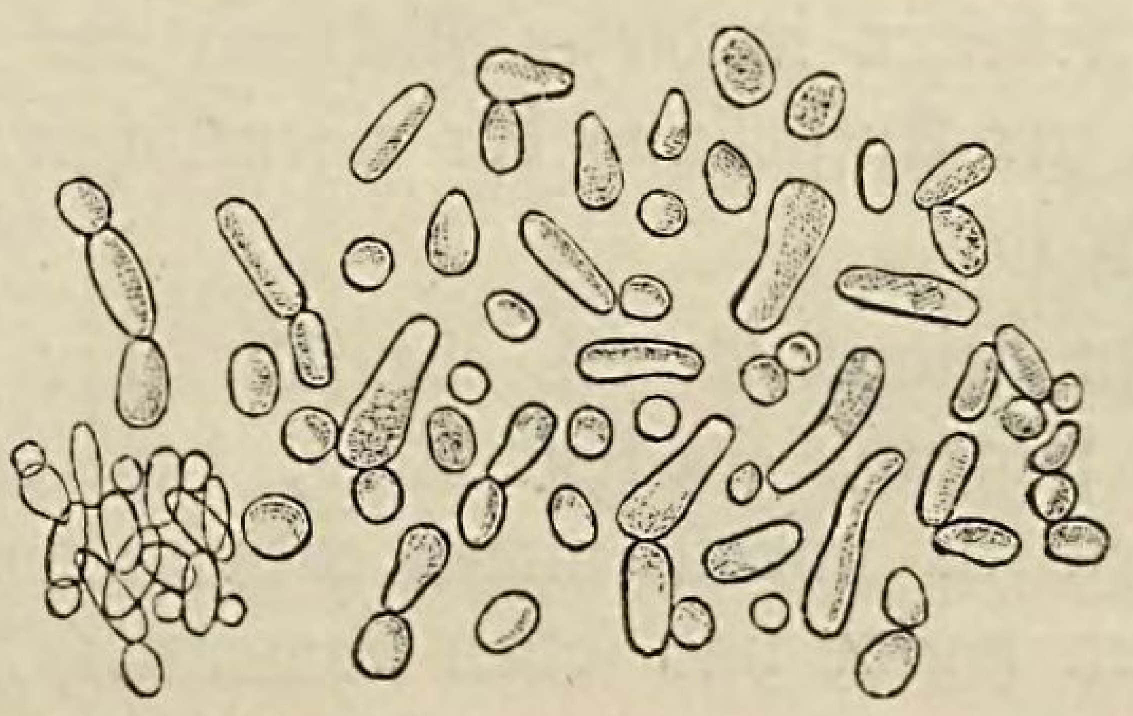


Fig. 58.



Lévure caséeuse — käsige Hefe. Nach Pasteur. Vergr. 400.

als ein Alkoholferment bezeichnet. Ohne sich mit der Erörterung über die botanische Stellung dieses Fermentes zu befassen, unterläßt es Pasteur auch, demselben einen wissenschaftlichen Namen zu geben und bezeichnet es vorläufig, seiner Eigenschaft wegen, käseartige Klumpen zu bilden, mit dem Namen käsige Hefe Lévure caséeuse. Die käsige Hefe besteht aus rautenförmigen Zellen, welche reiche Sproßverbände bilden und ist von Pasteur in Bierwürzen beobachtet worden.

Wir haben in Vorstehendem jene Arten von Pflanzen beschrieben, welche unzweifelhaft als Gährungsorganismen aufgefaßt werden können und für die Praktiker von größter Bedeutung sind, indem sie eben jene Organismen sind, welche immer bei den Gährungen, die wir zum Zwecke der Darstellung alkoholhaltiger Flüssigkeiten einleiten, mitwirken. Das Studium dieser Organismen hat daher nicht blos ein wissenschaftliches Interesse, sondern ist auch für den Praktiker von größter Bedeutung, indem es für die Qualität der alkoholhaltigen Flüssigkeiten von größtem Einflusse ist, ob die Gährung durch ein oder das andere Alkoholferment bewirkt wurde. Wenn wir den Begriff Alkoholferment in dem weitesten Sinne auffassen, so müssen wir offenbar alle jene Organismen als Alkoholfermente bezeichnen, welche im Stande sind, aus Zucker Alkohol zu bilden. Wie wir schon früher erwähnten, giebt es eine Anzahl von Schimmelpflanzen, welche sich unter geeigneten Umständen als echte Alkoholfermente erweisen und schließen wir die Beschreibung derselben daher unmittelbar an jene der technisch wichtigen Alkoholfermente an. Daß die Schimmelpflanzen Mucor Mucedo, Mucor racemosus u. s. w. Gährung hervorzurufen vermögen, wurde schon von Bail im Jahre 1857 ausgesprochen (vergleiche oben Seite 63). Lange bezweifelt, ist die Richtigkeit dieses Ausspruches durch Fitz und später von Rees, Brefeld und Pasteur neuerdings bestätigt worden.

Wenn nun auch gegenwärtig kein Zweifel mehr darüber herrschen kann, daß gewissen Schimmelpilzen die Fähigkeit zukommt, als Alkoholfermente zu wirken, so herrscht jedoch bei Weitem noch nicht völlig Klarheit darüber, welche Rolle eigentlich den Schimmelpilzen als Erreger anderer Gährungen, als es die Alkoholgährung ist, zukommt. Nach meinen Untersuchungen über die Krankheiten des Weines, Bieres und der gegohrenen Flüssigkeiten im Allgemeinen halte ich besonders Schimmelpilze als die Ursache mancher derselben und erscheint es mir aus diesem Grunde wichtig, die bis nun ganz genau bekannten Schimmelpilze, deren Thätigkeit als Alkoholfermente sicher gestellt ist, etwas näher zu beschreiben. Wie oben gesagt, hat sich auch Rees mit der Frage beschäftigt und erscheinen seine Arbeiten in dieser Richtung um so bedeutungsvoller, als Rees aus denselben zur Aufstellung der eigentlichen Alkoholfermente (der Saccharomycesarten) gelangt ist.

In seiner Arbeit ebenfalls der geschichtlichen Entwickelung der streitigen Frage folgend, erwähnt Rees, daß von früheren Forschern gewisse Schimmelpflanzen in unvollkommen entwickeltem Zustande als die Ursache der Gährung gehalten wurde und sollen namentlich Mucor Mucedo, Mucor racemosus, Penicillium glaucum und endlich Oidium lactis in dieser Beziehung eine Rolle

spielen. Nach Hallier sollen diese Pflanzen sogar in ihren eigenthümlichen Metamorphosen die Ursachen aller Gährungsvorgänge sein.

Penicillium glaucum oder Penicillium crustaceum ist jene Art der Schimmelpflanze, welcher die größte Verbreitung unter allen derartigen, übrigens auch sehr allgemein vorkommenden Schimmelpflanzen besitzt, und namentlich auf Gallapfeltinte, Früchten, Brot, feuchtem Leder u. s. w., kurz auf allen in Zersetzung befindlichen organischen Körpern wuchert — erscheint zuerst als ein feinflockiger Ueberzug von weißer Farbe, der sich mit Wollflocken vergleichen läßt. Unter dem Mikroskope erscheint dieser Ueberzug aus einem dichten Gewirr (Mycelium) zarter Fäden bestehend, welche durch Querwände in Zellen getheilt sind und manchmal an gewissen Stellen anschwellen. — Nach einiger Zeit ändert sich gewöhnlich die Farbe des Ueberzuges in graugrün um und zeigt der Pilz dann unter dem Mikroskope ein ganz verschiedenes Aussehen, als im Mycelium-Zustande. — Aus dem Mycelium und senkrecht auf dasselbe steigen Stämme oder Aeste empor, welche aus einigen cylinderförmigen Zellen bestehen und als Conidienträger bezeichnet werden können. An der Spitze dieser Aeste schnüren sich nämlich nach und nach pfriemenförmige Zellen (Sterigmen) ab, so daß sich die Pflanze mit einem Pinsel vergleichen läßt. An der Spitze der Sterigmen erfolgt nun fortwährend eine Abschnürung, so daß endlich auf jedem derselben eine Kette von Zellen (Conidien, Sporen) sitzt, welche bei eingetretener Reife auseinanderfallen und als feines Pulver in der Luft verstauben. (Vergl. Fig. 12 a. S. 64)

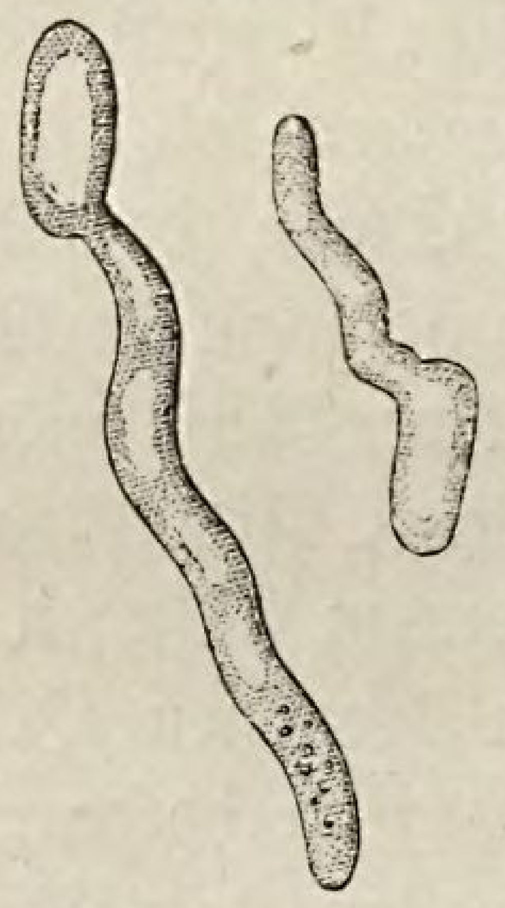
Diese Sporen haben Kugelgestalt und bestehen aus einem flüssigen Inhalte, der mit einer blaugrauen Hülle umgeben ist; an einem trockenen Orte aufbewahrt, können diese Sporen durch längere Zeit ihre Keimkraft erhalten; auf eine Flüssigkeit gebracht, welche fähig ist, sie zu ernähren, schwellen sie rasch auf das zwei- bis dreifache ihres Volumens an und wachsen zu einem Mycelium aus, welches innerhalb 24 Stunden wieder fructificirt, d. h. selbst Conidien erzeugt. Bei kümmerlicher Ernährung treibt das Mycel zu einer Reihe von zusammenhängenden Sporen aus.

Bringt man jedoch die Sporen in dieselben Verhältnisse, in welchen sich die eigentlichen Gährungsfermente meistens befinden, d. h. taucht man sie in einer Flüssigkeit unter, schließt sie somit von der Luft ab, so erfolgt die Entwickelung in der Weise, daß eine zusammenhängende Reihe von Zellen entsteht und in gewissen Nährflüssigkeiten Gährungsvorgänge stattfinden. So wird z. B. Gerbstoff in Gallussäure und Zucker zerlegt und vermag auch, wie ich nachgewiesen habe, dieses Ferment im Weine gewisse Veränderungen hervorzurufen, welche sich nicht blos auf das in demselben enthaltene Tannin erstrecken.

Man muß daher Penicillium glaucum oder P. crustaceum in gewissem Sinne als eine Pflanze betrachten, die als Ferment wirken kann und unter gewissen Umständen Gährungserscheinungen hervorruft, welche aber, wie gleich hier bemerkt werden soll, meistens zu jenen gehören, welche nicht erwünscht sind und häufig freiwillig eintreten, indem aus der Luft Sporen in die Flüssigkeiten gelangen, sich in denselben entwickeln und Gährung hervorbringen, welche aber in diesem Falle keine Alkoholgährungen sind.

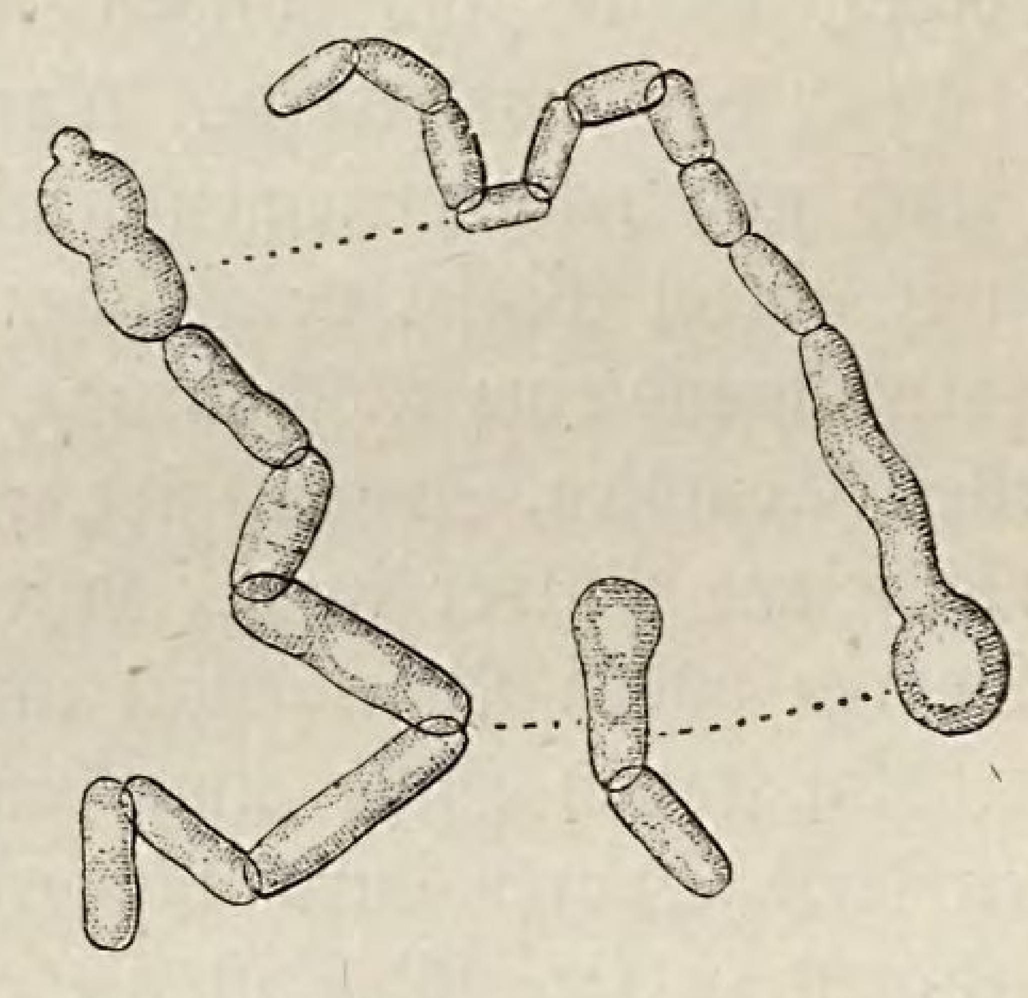
Ein anderer Schimmelpilz, welcher häufig auf saurer Milch vorkommt, Oidum lactis, wurde ebenfalls mit der Gährung in Beziehung gebracht und auch irrthümlich als Milchsäureferment — das ist als jenes bezeichnet, welches die Umwandlung des Milchzuckers in Milchsäure bewirkt. Oidium lactis wuchert ungemein häufig auf Thiermist — die Sporen des Pilzes finden sich daher auch in der Luft der Kuhställe vor und gelangen aus dieser in die Milch. — In seinem Bau dem Penicillium crustaceum ziemlich nahe stehend, besitzt Oidium lactis die nachstehende Entwickelungsgeschichte. — Aus einem schneeweißen flaumigen Mycelium steigen Stämme empor, an welchen sich Conidien ausbilden; die Conidienstämme theilen sich, mit Ausnahme des untersten Stückes, in Glieder, welche die Gestalt kurzer Cylinder, von 8—11 Mikromm. Länge, haben. Diese trennen sich bald in der Weise, daß die Cylinderreihe zuerst zickzackförmig gebogen erscheint und endlich in die Glieder zerfällt.

Fig. 59.



Normale Keimung.

Fig. 60.



Keimung in Traubensaft.

Oidium lactis. Nach Rees. Vergr. 350.

Die einzelnen Glieder, welche bei flüchtiger Beobachtung mit Hefezellen verwechselt werden können, keimen auf die Weise, daß von der Zelle entweder ein oder zwei Keimschläuche getrieben werden, die sich abermals zu einem Mycelium ausbilden (Fig. 60). Die Pflanze variirt ziemlich stark (wahrscheinlich ist die verschiedene Beschaffenheit der Nährflüssigkeit die Ursache der Variation, daß selbst der erfahrene Beobachter hierdurch in den Irrthum verfallen könnte, an das Vorhandensein verschiedener Arten zu denken. Es entstehen nämlich viele Conidien, die täuschende Aehnlichkeit mit Penicilliumsporen haben oder es verwandeln sich die Conidien in große ovale Blasen, welche aber später auf normale Weise in das Mycelium übergehen.

Die Verwechselung von Oidium lactis mit Penicillium crustaceum oder mit Mucor Mucedo hat wiederholt stattgefunden — während aber die letztgenannte Pflanze unter gewissen Verhältnissen entschieden als Alkoholferment wirken kann, ist eine derartige Function bei Oidium lactis noch nicht beobachtet worden und scheint jene Pflanze ganz bestimmt zu jenen zu gehören, welche bei Luftabschluß bald zu Grunde gehen.

Oidium lactis kommt als secundäres Gebilde auch auf den Kahnhäuten vor,

welche sich auf Bier oder Wein ausbilden und sind hierdurch abermals Irrthümer entstanden, indem man dieses Ferment mit dem in den Kahnhäuten lebenden verwechselte oder identificirte.

Von den wahrscheinlich sehr zahlreichen Arten von Pflanzen, welche unter dem Gattungsnamen Mucor bekannt sind und sich besonders häufig auf Thiermist, aber auch ähnlich dem Penicillium auf Brot, Leder, Speisen u. s. w. ansiedeln, sind besonders jene Arten von Wichtigkeit, die man als Mucor Mucedo und Mucor racemosus zu bezeichnen pflegt*). Die Schimmelrasen der Mucorarten haben eine weißliche graue oder rothbraune Färbung. Mucor Mucedo entwickelt sich fast immer auf feucht erhaltenem Pferdemist und erscheint Anfangs als weißes reichverzweigtes Mycelium ohne Querwände, das mit einem körnig-schleimigen und an Vacuolen reichen Inhalt erfüllt ist. Aus den Mycelien erheben sich feine Fäden, welche mehrere Centimeter Länge erreichen und ein zuerst weißes, später schwarzes Sporenköpfchen tragen, daß die Größe eines Stecknadelknopfes erreicht. Auf dem höchsten Theil des Sporenträgers, welcher kuppelförmig gewölbt erscheint (Columella), sitzen kugelförmige Blasen, in welchen sich zahlreiche kleine Zellen — Sporen — ausbilden, die nach dem Ausfallen aus den Blasen als ellypsoidische, farblose Zellen erscheinen, welche in ihrer Hauptform den Sporen von Penicillium sehr ähnlich sind. Mucor racemosus, eine besonders auf Fleisch und Früchten häufig wuchernde Mucorart, zeigt die gleiche Entwickelung wie Mucor Mucedo, ist aber leicht von dieser durch die geringere Größe der Sprossungen zu unterscheiden — welch' letztere auf den Trägern zu lockeren Trauben vereinigt stehen.

Beide eben beschriebenen Arten von Mucedo bilden Sporen, welche große Lebenszähigkeit besitzen und auf Nährflüssigkeiten (Zuckerlösungen, Fruchtsäften u. s. w.) rasch ein Mycelium (Fig. 61—66) und neuerdings Sporenträger und Sporen bilden. — Eine andere, ebenfalls unter die gährungserregenden Schimmelpilze gezählte Form, Mucor stolonifer, zeigt neben der eben beschriebenen Vermehrungsart noch eine andere, bei welcher sogenannte Copulationen oder Zygosporen entstehen, eine höher stehende Fortpflanzungsweise, welche vielleicht auch bei den anderen Mucorarten vorkommt, aber bis nun nicht beobachtet werden konnte.

Während Mucor Mucedo und Mucor racemosus unter natürlichen Entwickelungsverhältnissen — das ist bei unbeschränktem Luftzutritt — den eben geschilderten Lebensvorgang durchmachen, verhalten sie sich auf ganz verschiedene Weise, wenn man sie in Flüssigkeiten, welche so beschaffen sind, daß sie in Alkoholgährung überzugehen vermögen, untertaucht, somit von der Luft abschließt. Die Sporen schwellen in diesem Falle ungemein stark an, nehmen ein viel größeres Volumen ein, als wenn sie an der Luft keimen, bilden in ihrem Inneren sehr große Vacuolen und treiben mehrere kurze, schlauchförmige

*) Wir gebrauchen hier absichtlich die unbestimmte Ausdrucksform, weil die in die Gattung Mucor gehörigen Pflanzen noch keineswegs ganz genau nach ihren botanischen Merkmalen von einander getrennt sind.

Fortsätze, welche sich an der Basis abschnüren, als rundliche Zellen von der Mutterzelle ablösen, an welcher sich wieder neue Fortsätze bilden, die sich auf gleiche Weise verhalten. —

Fig. 61.

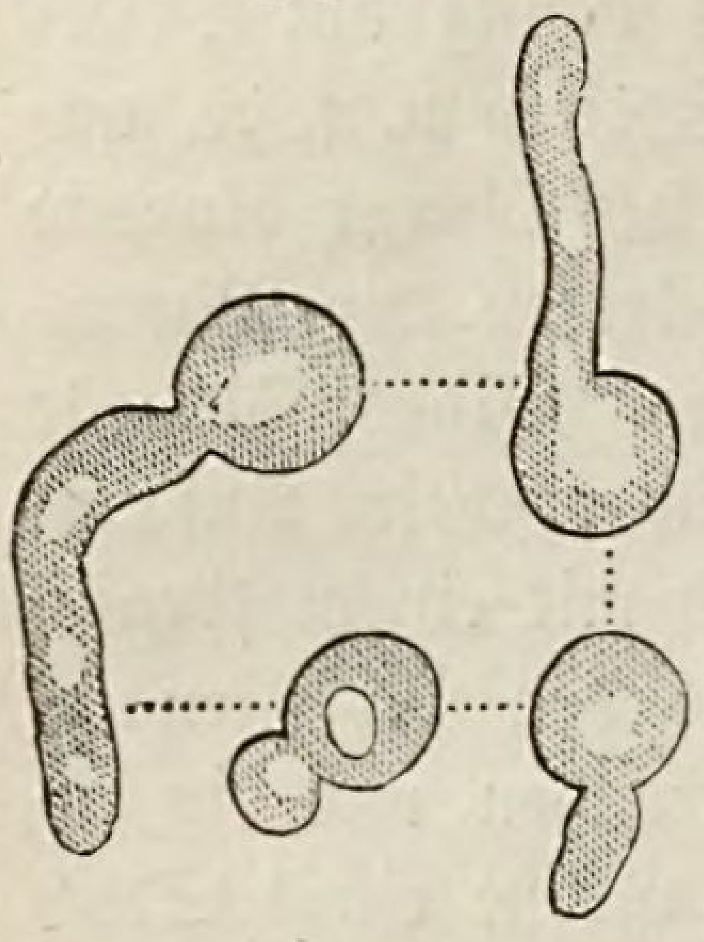
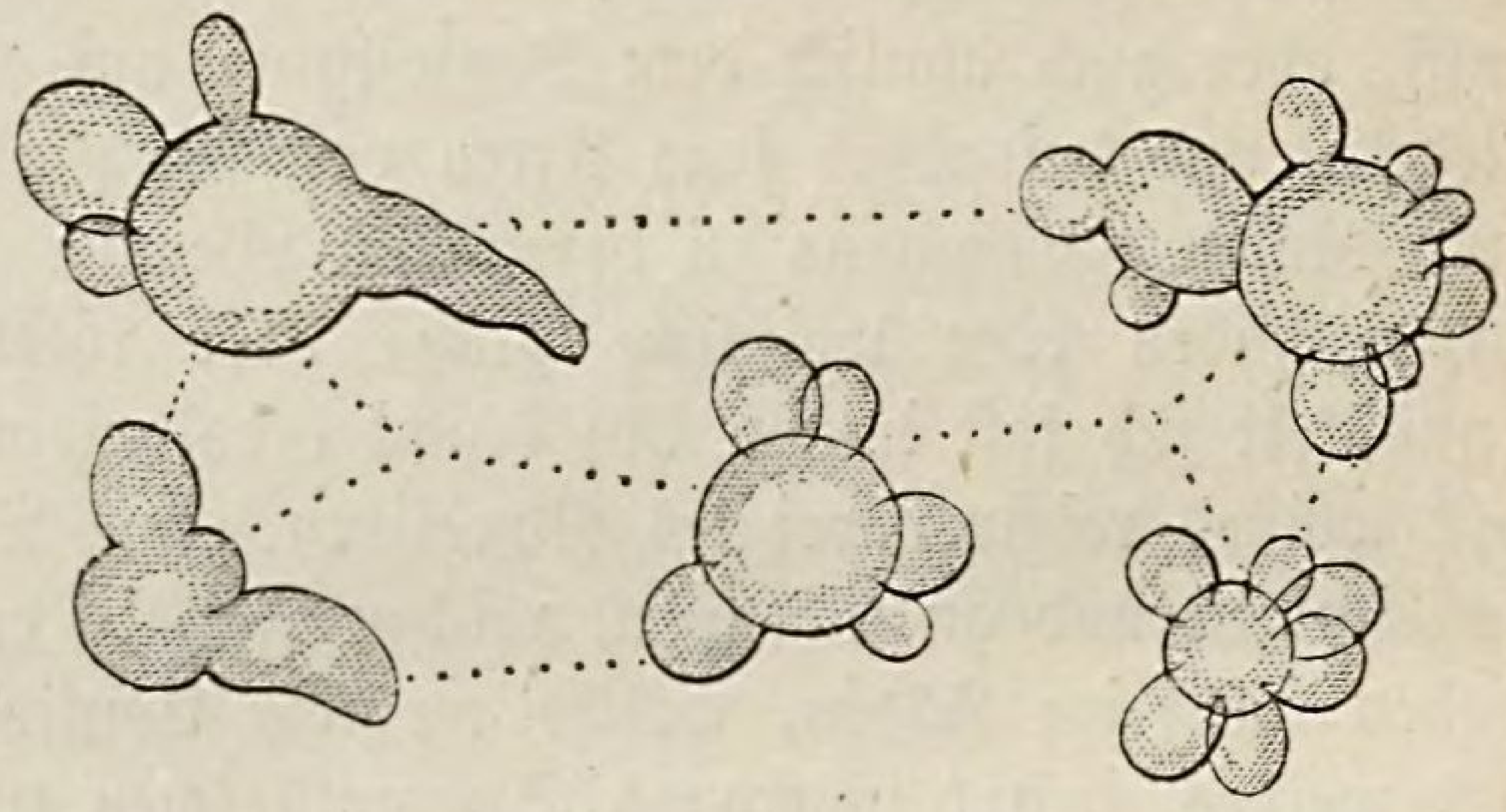


Fig. 62.



Sporen von Mucor racemosus, keimend auf Traubenzuckerlösung. in Traubenzuckerlösung.

Fig. 63.

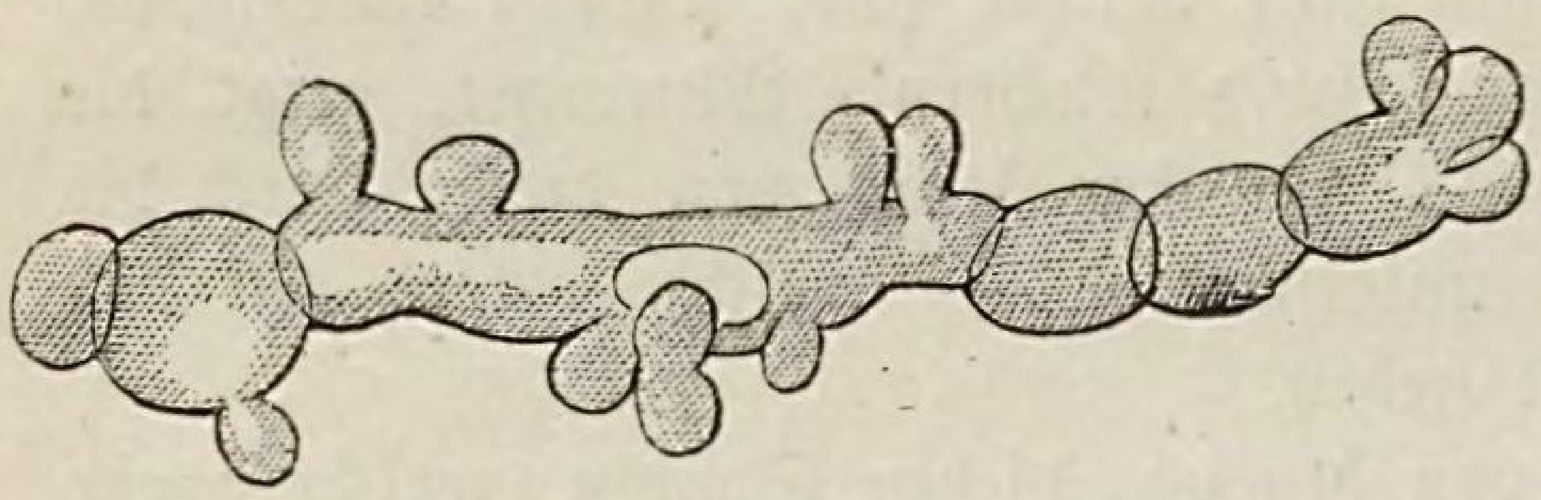
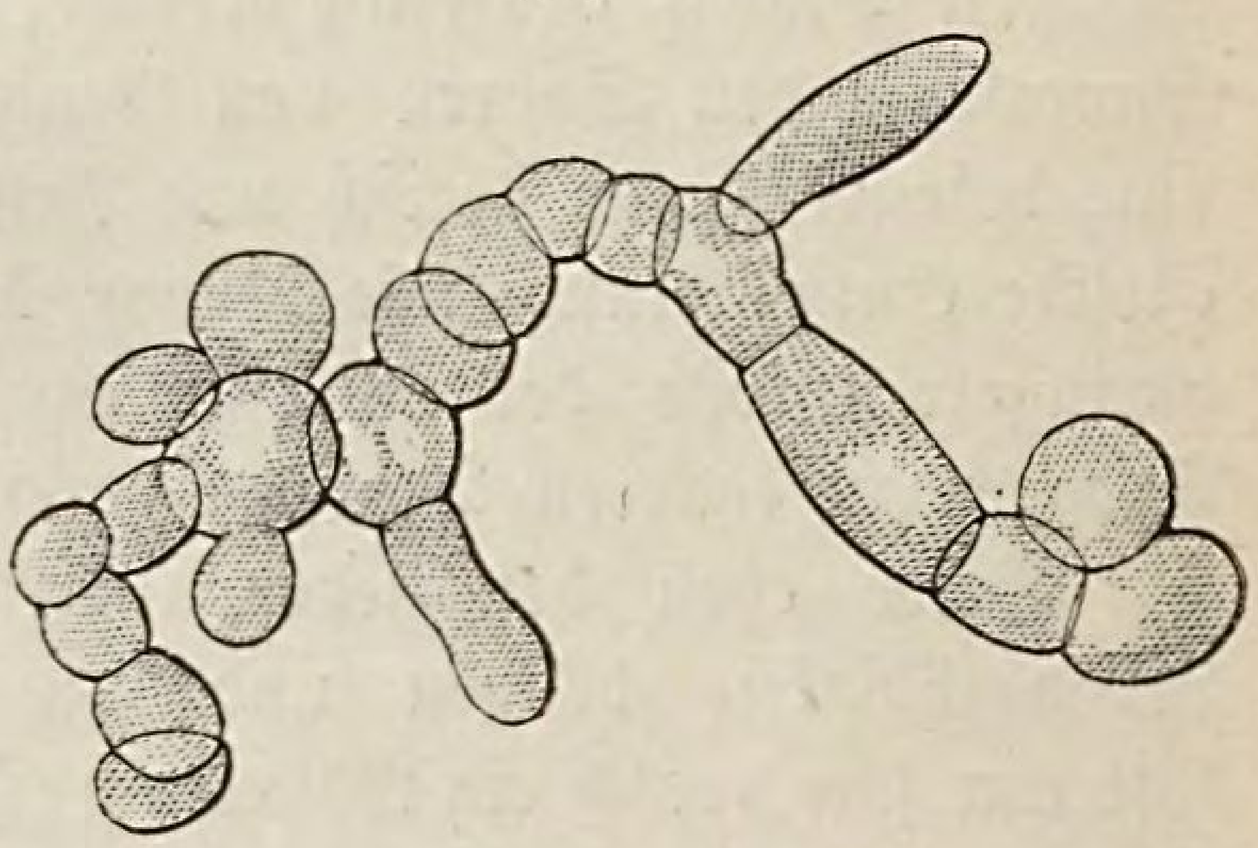


Fig. 64.



Sporen und Keimschlauch von Mucor racemosus in Traubenzuckerlösung.

Fig. 65.

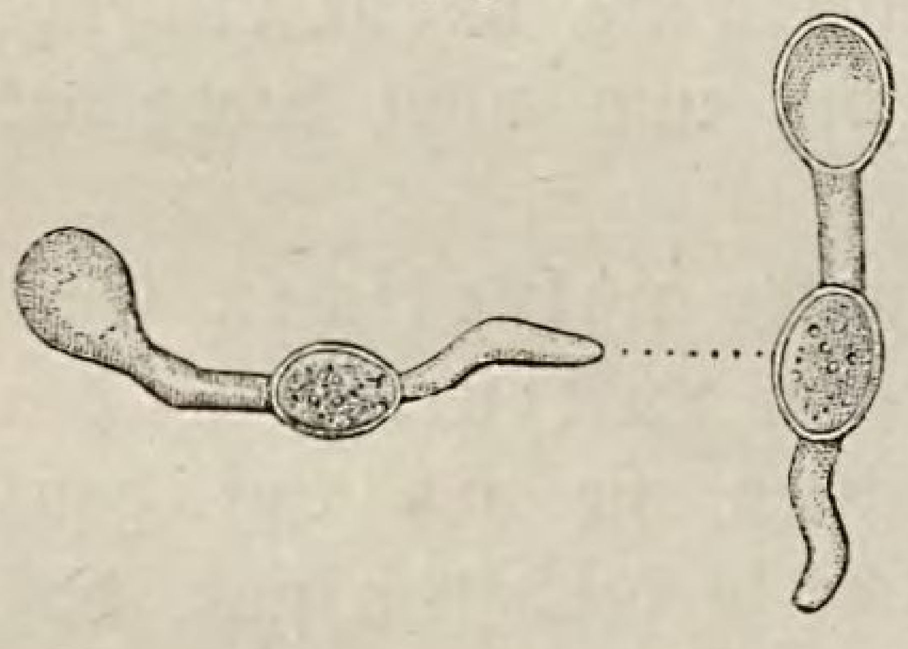
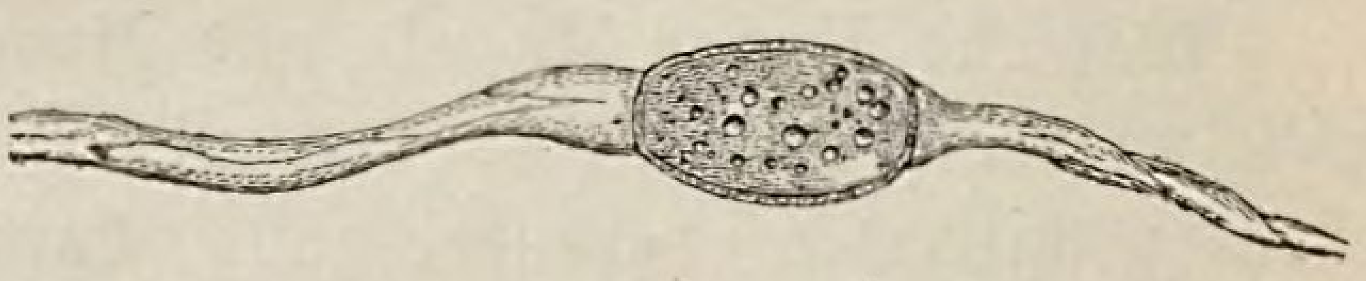


Fig. 66.



Gemmenbildung von Mucor Mundo.
Sämmtliche Zeichnungen nach Rees. Vergr. 350.

Die abgeschnürten Zellen vermehren sich ähnlich wie die Zellen der Saccharomyces-Arten durch Sprossung (Fig. 62), indem die einzelnen Zellen wieder seitliche neue Zellen hervorbringen und auf diese Weise Sproßverbände bilden. — Abgesehen von der Aehnlichkeit, welcher dieser Entwickelungsgang mit jenem der Sacharomycesarten zeigt, ist auch das wichtige Moment zu beachten, daß die

aus Mucor Mucedo und Mucor racemosus hervorgegangenen Sproßverbände Alkoholgährung hervorrufen. Wenn auch die Wirkung dieser sogenannten Kugelhefe (Fig. 62) als Alkoholferment eine weit geringere als jene der ächten Gährungspilze (Saccharomyces) ist, so müssen diese Pflanzen doch als ächte Alkoholfermente bezeichnet werden.

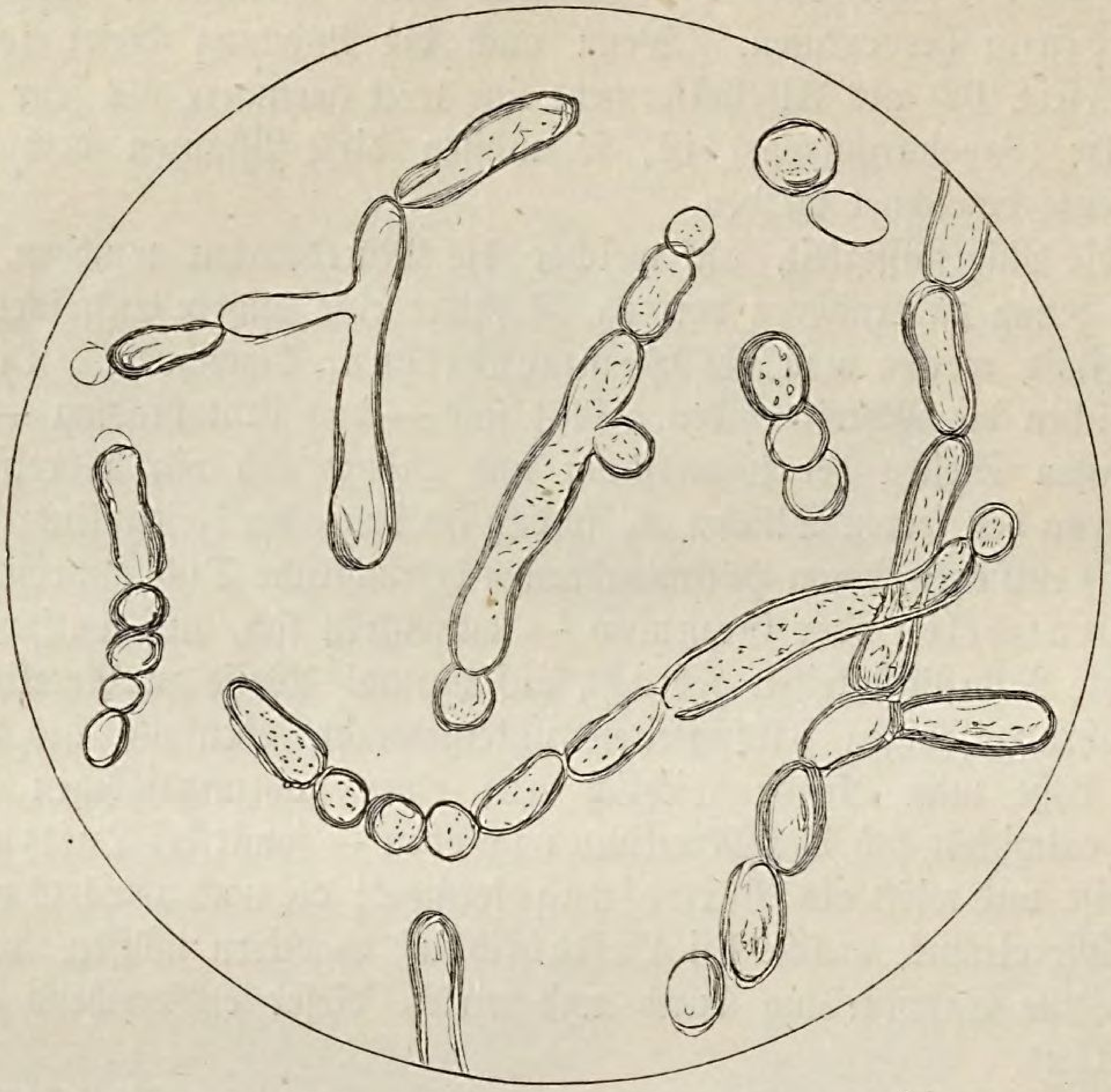
Wenn die Nährflüssigkeit, auf welcher die Mucedoarten wuchern, dieselben nicht kräftig genug zu ernähren vermag, so findet eine andere Entwickelungsweise der Pflanze statt, welche man als Gemmenbildung bezeichnete. Die Flüssigkeit, mit welchen die Mycelienfäden gefüllt sind — das Protoplasma — sammelt sich an gewissen Stellen der Mycelfäden und grenzt sich ein Mycelstück durch Querwände von den leeren Stücken ab, so daß im Laufe der Zeit cylindrische Zellen (Fig. 65—66) entstehen, deren Hüllmembranen beträchtliche Dicke annehmen. Diese Zellen — Brutzellen oder Gemmen — entwickeln sich, auf entsprechend zusammengesetzte Nährflüssigkeiten gebracht, auf normale Weise zu Mycelien, wirken aber, in gährungsfähigen Flüssigkeiten untergetaucht, ebenfalls als Alkoholferment. Läßt man Mucor reichlich auf einer gährungsfähigen Flüssigkeit wuchern, so entwickelt sich das Mycelium nach oben — somit bei Luftzutritt auf normale Weise und wirkt als Verwesungsferment; die nach abwärts wuchernden Theile des Myceliums, welche bei Luftabschluß vegetiren müssen, machen die oben beschriebene Entwickelung durch und wirken dieser entsprechend als Gährungsferment.

Wie schon an früherem Orte hervorgehoben wurde, hat Brefeld die Untersuchungen Rees' wiederholt und ist im allgemeinen zu ähnlichen Ergebnissen gelangt, wie dieser — er gelangte außerdem zu dem Ergebnisse, daß von den vielen als Alkoholgährungsfermente genannten Schimmelpilzen eben nur Mucor Mucedo und Mucor racemosum als Alkoholfermente wirken. Brefeld hat ferner noch Untersuchungen über die physiologischen Wirkungen dieser Pilze als Alkoholfermente angestellt, auf welche wir noch zurückkommen werden.

In neuester Zeit hat sich Pasteur — obwohl nicht Botaniker sondern Chemiker von Fach mit der Revision der Frage über die Fermentthätigkeit der Mucorarten beschäftigt und lieferten auch seine Arbeiten das Ergebniß, daß diese Pilze als Alkoholfermente wirken können. Wir werden an später Stelle auf diesen Gegenstand zurückkommen und begnügen uns hier schon damit, die Form der Hefe, welche wir bei Wiederholung der Versuche von Rees und Pasteur in durch Mucor in Alkoholgährung versetzten Flüssigkeiten erhielten, in Fig. 67 und 68 wiederzugeben und bemerken zu diesen Abbildungen, daß eine Verwechslung von Mucor- als Alkoholferment mit Saccharomyces cerevisiae und anderen specifischen Alkoholfermenten schon aus dem Grunde nicht leicht möglich sein kann, weil die Fermentzellen das Mucor jene der Saccharomyces-Arten um ein sehr Bedeutendes an Größe übertreffen.

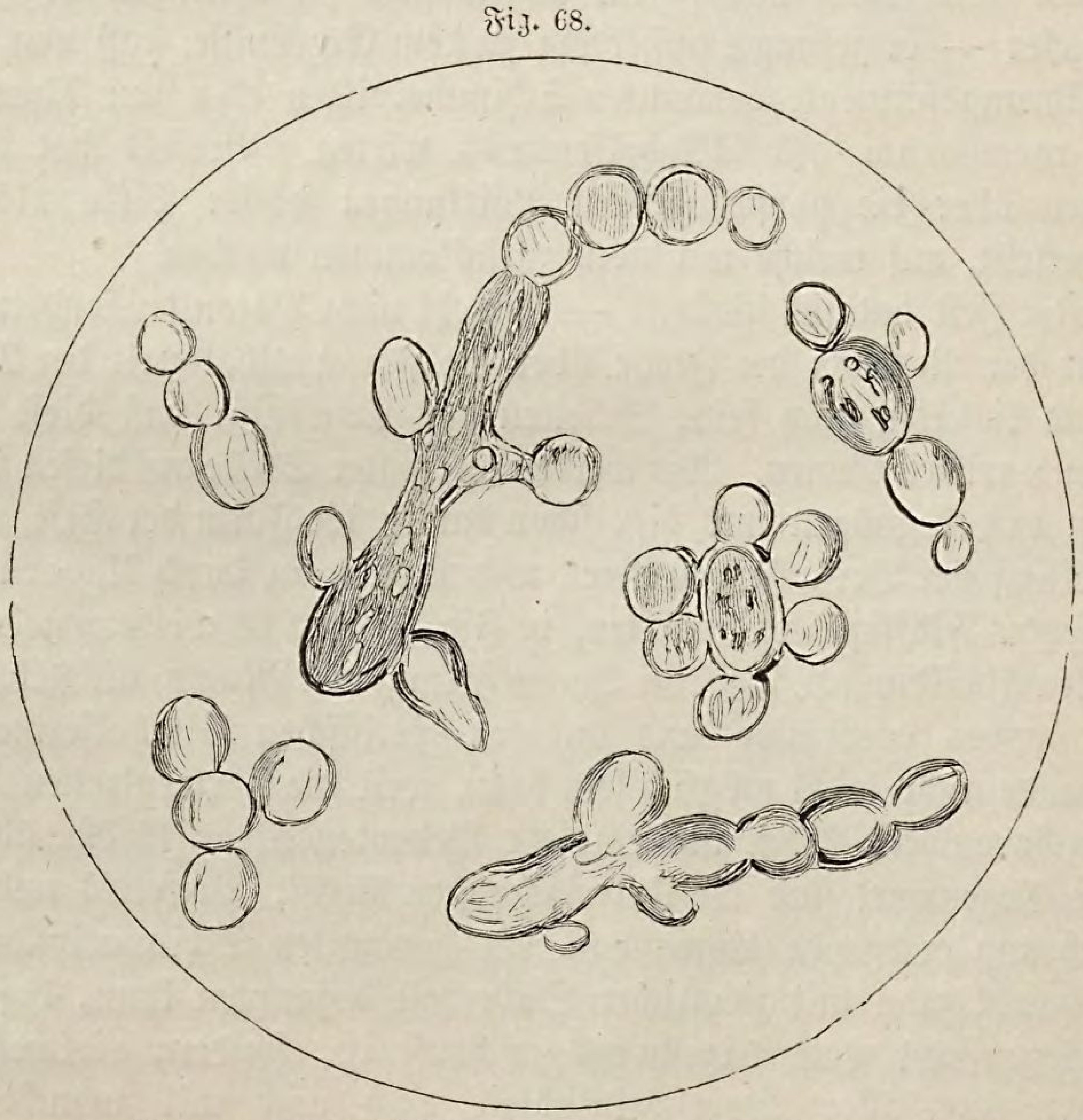
Bis zur Gegenwart sind die Untersuchungen Rees', Brefeld's und Pasteur's über die Gährung erregende Eigenschaft der genannten Schimmelpflanzen maßgebend — obwohl man mit ziemlicher Sicherheit behaupten kann, daß mit denselben der Gegenstand noch keineswegs erschöpft ist, sondern vielmehr künftige Untersuchungen uns aller Wahrscheinlichkeit nach noch mit manchen anderen

Fig. 67.



Mucor Mucedo bei ungenügendem Luftzutritt vegetirend. Vergr. 400.

Fig. 68.



Mucor mucedo bei Luftabschluß vegetirend. Vergr. 400.

Pflanzen bekannt machen werden, die ebenfalls als Gährungserreger wirken. — Die genannten Forscher haben ihr Augenmerk ganz besonders auf die Alkoholgährung gerichtet, weil sie die technisch-wichtigste unter allen Gährungserscheinungen ist — es erscheint mir aber höchst wahrscheinlich, daß die Schimmelpflanzen bei anderen Gährungserscheinungen, welche wegen der Produkte, die sie hervorbringen, fast immer als Störungen während der Alkoholgährung auftreten, eine wesentliche Rolle spielen.

Obwohl wir uns in dem vorliegenden Abschnitte zunächst mit den Fermenten in morphologischer Beziehung zu beschäftigen haben — und in erster Linie deren Stellung im Pflanzenreiche — eventuell auch im Thierreiche fixiren müssen, scheint uns doch hier der Ort zu sein, einige Worte über gewisse Fermentorganismen zu sagen, welchen eine große Rolle in der Reihe der Gährungserscheinungen zukommt. Aus den Untersuchungen von Döbereiner, Töpping, Struve, Pasteur, Brefeld und Franke ergibt sich nämlich fast mit Bestimmtheit der wichtige Satz, daß: in jeder lebenden unverletzten Pflanze gewissen Zellen alle Eigenschaften von Fermenten (Alkohol- und andere Gährungen hervorrufend) zukommen und daß diese Wirkungen durch gewisse chemische Verbindungen, die sich in diesen Zellen ausbilden, bedingt werden. Wie später noch gezeigt werden soll, hat dieser Satz auch in gewissem Sinne auf die echten Alkoholfermente (Saccharomyces) Anwendbarkeit.

Der eben ausgesprochene Satz steht keineswegs im Widerspruche mit jenem, daß die Gährung absolut nur unter Mitwirkung von gewissen Organismen, die man deshalb als Fermentorganismen bezeichnet, statt habe, denn die in einer höher stehenden Pflanze zur Ausbildung gelangenden Zelle, welche als Ferment wirkt, ist eben so gut ein in sich abgeschlossener Organimus, wie die Saccharomyces-Zelle. Der Unterschied zwischen beiden liegt eben nur darin, daß die Saccharomyces-Zelle vermöge ihrer einfachen Organisation fähig ist, sich selbständig zu ernähren, während die Fermentzelle, welche sich in einer höheren Pflanze ausbildet, in Bezug auf ihre Erhaltung auf alle Zellen des Organismus angewiesen ist, dem sie angehört.

Es ergibt sich aber aus der Thatsache von dem Vorhandensein von Fermentzellen in höheren Pflanzenorganismen die weitere Folgerung von selbst, daß wir den Begriff: organisirtes Ferment in einem viel umfassenderen Sinne annehmen müssen, als man dies bisher gethan — indem wahrscheinlicher Weise die zahllosen chemisch-physiologischen Vorgänge, welche in der lebenden Pflanze vor sich gehen — von der Keimung des Samens angefangen — bis zur Fruchtbildung durch eine ununterbrochene Reihe von Fermentwirkungen — Gährungen — im weitesten Sinne des Wortes bedingt werden.

Wir müssen uns hier auf jene Fermentorganismen beschränken, die wir bis nun als isolirte selbstständige Wesen kennen — indem diese allein für die gährungs-chemischen Gewerbe von Bedeutung sind — daß aber jene in lebenden Pflanzen vorkommenden Fermentzellen die größte Beachtung Seitens der Gährungs-Chemiker verdienen — und in künftigen Zeiten in den Lehrbüchern der Gährungs-Chemie eingehend besprochen werden müssen, ist nicht zu bezweifeln —

denn Fermente dieser Art spielen gewiß bei einer der wichtigsten Arbeiten des Gährungs-Chemikers — beim Keimen des Getreides zum Zwecke der Malzfabrikation — eine umfassende Rolle.

Nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens können wir über die in lebenden Pflanzen vorkommenden Fermentzellen so gut wie nichts Bestimmtes sagen, wir können ihr Vorhandensein noch nicht einmal auf direktem Wege beweisen und kennen dieselben nur sehr unvollkommen durch die chemischen Wirkungen, welche sie hervorbringen. Dieser Kenntniß entsprechend müssen wir sie auch dermalen noch in die sehr zweifelhafte Gruppe der sogenannten chemischen Fermente einreihen, oder vielleicht besser als das Bindeglied betrachten, welches zwischen den selbstständig lebenden Fermentorganismen und den gährungsartige Erscheinungen hervorbringenden chemischen Verbindungen steht. Wir verhehlen uns das mangelhafte eines solchen Auskunftsmittels durchaus nicht, daß wir zu demselben greifen müssen, beweist nur, daß gegenwärtig noch eine große Lücke in unserem Wissen über die Gährungserscheinungen existirt, welche nur durch neue Untersuchungen ausgefüllt werden kann.

Wenn wir den Faden der geschichtlichen Darlegung über die Kenntniß der organisirten Fermente wieder aufnehmen, so ergibt sich, daß wir eine Anzahl von Organismen bestimmt kennen, welche in gährungsfähigen Flüssigkeiten (das ist hier speciell in solchen, welche Zucker oder Substanzen enthalten, die in Zucker übergehen können) Alkohol zu bilden vermögen. Es sind dies kurz zusammengefaßt, folgende Pflanzen, Gattungen, Arten und Species.

Schlauchpilze.

Saccharomyces.

Saccharomyces cerevisiae. Mayen. Ober- und Unterhefe, Bier- und Branntweingährungs-Ferment. Culturpflanze, technisch wichtigstes unter allen Alkoholfermenten.

Saccharomyces ellypsoideus. Rees. Auftretend in den meisten sogenannten freiwilligen (nicht durch Aussaat von Ferment hervorgerufenen) Gährungen. Wesentliches Ferment der Hauptgährung des Weines.

Saccharomyces conglomeratus. Rees. Bei freiwilligen Gährungen; häufig bei Beginn der Weingährung.

Saccharomyces exiguus. Rees. Nachgährungsferment des Bieres.

Saccharomyces Pastorianus. Rees. Nachgährungsferment des Bieres, Weines und der Obstweine.

Saccharomyces minor. Engel. Auftretend in gährendem Brotteige.

Saccharomyces Mycoderma. Rees. Nur unter gewissen Verhältnissen als Alkoholferment wirkend.

Schimmelpilze.

Mucor racemosus. Frcs. } Alkoholfermente in freiwilligen Gährungen.
Mucor mucedo. Frcs. }

Mucor stolonifer. Lk. . . vergährende Eigenschaft zweifelhaft.

Penicillium glaucum. Lk. In freiwilligen Gährungen, als Alkoholferment sehr zweifelhaft.

Neben diesen zum Theile technisch wichtigen Fermenten kennen wir noch einige andere — aber blos nach den Angaben einiger Beobachter und fehlt bis nun jede genauere Kenntniß über die Wirkungsweise dieser Fermente; es sind dies die nachstehend angeführten:

Botanisch noch nicht bestimmte Alkoholfermente.

Käsige Hefe (Lévure caséeuse). Pasteur. Im Biere.

Mehrere Fermente mit eigenthümlichen Formen (bedingt durch die Beschaffenheit der Ernährungsflüssigkeiten?) Pasteur.

Obstweinhefe, Rothweinhefe — beschrieben und abgebildet von Rees, Pasteur und anderen — in Bezug auf Vermehrungsweise und Wirksamkeit noch nicht studirt.

Die in vorstehendem geschilderten Alkoholfermente zeigen zwar ganz bestimmte morphologische Merkmale und ist es hierdurch möglich geworden, diese Wesen als bestimmte Pflanzenspecies zu erkennen; wie sich aber schon aus den Abbildungen entnehmen läßt, ändert dieselbe Species oft ungemein stark in Bezug auf ihre Gestalt ab und wird hierdurch die richtige Bestimmung des Fermentes selbst für den in solchen Arbeiten Geübten sehr erschwert. Die Ursache dieser Variationen in der Form der Fermente liegt wohl hauptsächlich in der Beschaffenheit der Ernährungsflüssigkeit und weniger in dem verschiedenen Alter der Individuen.

Die Beschaffenheit der Ernährungsflüssigkeit auf die Entwickelung der Fermentorganismen ist eine so mächtige, daß wir bestimmte Organismen erst in einem gewissen Stadium des Gährungsverlaufes zur Entwickelung kommen sehen, während ihre Sporen unzweifelhaft schon bei Beginn der Gährung vorhanden waren. Dies ist häufig bei solchen Flüssigkeiten der Fall, welche durch freilebende Fermentorganismen in Gährung versetzt werden, z. B. beim Weinmost, dessen Hauptgährung in vielen Fällen durch einen anderen Organismus bedingt wird, als die Nachgährung. — Es ist in diesem Falle wohl richtig anzunehmen, die Flüssigkeit biete, nachdem sie durch eine gewisse Zeit in Gährung war, einem bestimmten Organismus nicht mehr die genügende Nahrung; dieser trete daher zu Gunsten eines anderen zurück, welchem die gegenwärtig vorhandenen Ernährungsbedingnisse besser zusagen.

Morphologische Kenntnisse über andere Fermente.

Wenn wir uns schon mit Bezug auf die Kenntniß der Alkoholfermente — der beststudirten unter allen Fermenten überhaupt — in der Lage befinden, die Dürftigkeit unserer Kenntniß betonen zu müssen, so gilt dies in noch viel höherem Grade von jenen Fermenten, die wir nach jenen Produkten, die sie in größter Menge produciren, als Essigsäure-, Milchsäure-, Buttersäureferment u. s. w. bezeichnen. — Die Alkoholfermente sind, so weit sie bekannt sind, wenigstens als ziemlich feststehende Pflanzenarten und Species anzunehmen, ein Factum, welches aber keineswegs auf jene Organismen paßt, welche in Flüssigkeiten vorkommen, die sich in Essiggährung, Milchsäuregährung u. s. w. befinden.

Wie nämlich aus neueren Untersuchungen hervorgeht — es sind namentlich

die Arbeiten von Nägeli, welche in dieser Beziehung maßgebend sind — vermögen dieselben Organismen ganz verschiedene Gährungen hervorzurufen und wird das Auftreten der einen oder anderen Gährungsart ausschließlich von der Beschaffenheit der Nährflüssigkeit abhängen, in welcher der Organismus zur Entwickelung und Vermehrung gelangt. — Die mikroskopische Untersuchung der Organismen, welche Essig-, Milchsäure-Gährung u. s. w. verursachen, ist mit vielen Schwierigkeiten verbunden, indem die in Rede stehenden Wesen so klein sind, daß manche derselben kaum bei den stärksten Vergrößerungen größer als ein kleiner Stecknadelknopf erscheinen.

Mit wenigen Ausnahmen kommt allen hierher gehörigen Wesen die Kugelgestalt zu und gelingt es oft dem erfahrensten Mikroskoper nicht, aus den morphologischen Merkmalen allein die Natur der von ihnen gesehenen Organismen zu bestimmen; nur die chemische Untersuchung der Flüssigkeit in Bezug auf die Producte, welche von einem Fermente gebildet werden, vermag sichere Anhaltspunkte dafür zu geben, ob man das Ferment als Essig-, Milchsäureferment u. s. w. zu bezeichnen habe. Es hat beinahe den Anschein, als wenn es dem Botaniker kaum jemals gelingen dürfte, die Natur der in Rede stehenden Fermente zu ergründen, indem dieselben je nach der Beschaffenheit der Nährflüssigkeit und der Temperatur, in welcher sie leben, die größten Verschiedenheiten in der Gestalt zeigen, ähnlich wie dies schon in sehr hohem Maße bei den viel höher stehenden echten Alkoholfermenten, den Saccharomycesarten beobachtet werden kann.

Wir haben an früherer Stelle in kurzen Zügen die von Hallier aufgestellte Theorie erörtert und gezeigt, daß Hallier alle Fermente als verschiedene Formen eines und desselben Organismus ansehen will, die sich aus der Urform, den Leprothrixzellen (Zellen von ungemein geringer Größe und einfachstem Bau) entwickeln und je nach Umständen bald zu Alkoholferment, Essigsäure-, Milchsäureferment, kurz zu den Fermenten aller Gährungen, welche wir kennen, heranbilden sollten. — Diese Theorie, welche von vielen Seiten auf das lebhafteste bekämpft wurde und nur wenige Anhänger fand, galt in den letzten Jahren so ziemlich als ein überwundener Standpunkt — die neuesten Untersuchungen lenken aber die Aufmerksamkeit der Forscher wieder in Bahnen, welche an die Bestrebungen Hallier's lebhaft erinnern. — Der Unterschied zwischen der neuen Theorie und jener Hallier's liegt nur darin, daß die neue Theorie gewisse Einschränkungen macht, welche durch die Fortschritte der Wissenschaft geboten erscheinen.

Nach den Untersuchungen von Rees, Brefeld und anderen ist es gegenwärtig wohl nicht mehr möglich, anzunehmen, daß die Alkoholfermente gleicher Abstammung mit dem Essigsäurefermente u. s. w. seien. — Die Hallier'sche Anschauung gewinnt aber in Bezug auf die anderen Fermente wieder an Boden, indem auch die neueren Forscher die Einheit der Fermente (mit Ausschluß der Alkoholfermente) wieder stark betonen, die Vielgestaltigkeit derselben aber auf eine zulässige Ursache, die Verschiedenheit der Ernährung zurückführen. Wenn sich die neue Theorie, die wir hier nur in ihren Grundzügen und soweit sie auf die morphologischen Verhältnisse der Gährungsorganismen Bezug hat, andeuten wollen, wirklich vollinhaltlich bestätigt, was der Zukunft überlassen bleiben muß, so wird sie

nur eine Bestätigung der ebenfalls der Neuzeit angehörenden Theorie von der Anpassung der Organismen an die Ernährungsverhältnisse geben.

Der Organismus, welcher überhaupt Gährung hervorzurufen vermag oder das Ferment wird sich auf verschiedene Art entwickeln, wenn er in eine alkoholhaltige Flüssigkeit oder in eine zuckerhaltige Flüssigkeit gelangt, wenn er mit Luft in Berührung steht oder von derselben abgeschlossen ist u. s. w. — Je nachdem die eine oder andere Nährflüssigkeit der Entwickelung günstig oder wenig günstig ist, werden die Zellen entweder größer oder kleiner erscheinen, sich rascher oder langsamer vermehren u. s. w. — Die Art der Vermehrung ist aber bei allen, soweit die vorhandenen Beobachtungen reichen, die gleiche, eine Erscheinung, welche man ebenfalls als eine Bestätigung der Anschauung über die Identität dieser Fermente anführt.

Man macht nämlich die Wahrnehmung, daß alle derartigen Fermente sich durch Sprossung entwickeln, welche aber nicht, wie bei den Saccharomycesarten von jedem Punkte der Zellenoberfläche auszugehen scheint, sondern nur an einer gewissen Stelle beginnt. Wenn sich aus einer Zelle durch Sprossung zwei gebildet haben, so wächst die dritte, vierte, fünfte Zelle u. s. w. immer an dem Punkte heraus, durch welchen die durch die beiden ersten Zellen gelegte Axe geht, so daß in geeigneten Flüssigkeiten lange Fäden entstehen können, welche aus perlschnurartig aneinander gereihten Zellen zusammengesetzt erscheinen. — somit Gebilde, welche lebhaft an die Leptothrix-Ketten Hallier's erinnern.

Der Umstand, daß man in manchen gährenden Flüssigkeiten immer nur die winzigen kugelförmigen Zellen für sich allein beobachtet (Schleimgährung, Zähewerden des Weines), in anderen sie wieder zu zweien vorhanden sieht (Essiggährung), während sie in wieder anderen Fällen längere Ketten bilden (Milchsäuregährung), spricht nicht gegen die Identität dieser Fermente — sondern läßt sich höchst wahrscheinlich auch auf die Beschaffenheit der Ernährungsflüssigkeit zurückführen — ist letztere der Ernährung des Fermentes sehr günstig, so werden in kurzer Zeit sehr viele neue Zellen entstehen, die, so lange die Hüllmembranen derselben noch zart sind, an einander haften und Ketten bilden. Vermag hingegen die Flüssigkeit das Ferment nur kümmerlich zu ernäheren, so geht auch die Vermehrung träge vor sich und lösen sich die Zellen — sowie die Membrane stärker wird, von einander los.

Es sei übrigens hier schon bemerkt, daß bisweilen sehr geringe Erschütterungen hinreichen, die Zellenketten von einander zu trennen; ich habe beobachtet, daß im Wein, der Milchsäureferment enthielt, nur sehr kurze Zellenreihen enthalten sind, wenn man denselben transportirte — daß sich aber in ruhendem mit Milchsäureferment versehenem Weine letzteres zu so großen Zellenketten ausbildete, daß dieselben mit freiem Auge als feine Fäden gesehen werden können — ja daß dieses Ferment in den zähflüssigeren Zuckerlösungen selbst zu filzartigen Massen — bestehend aus langen, in einander verschlungenen Zellenketten heranwachsen kann.

Wenn wir zu den morphologischen Verhältnissen der Gährungsorganismen zurückkehren, welche die Essig-, Milch-, Buttersäure — Schleimgährung sowie die als Fäulnißgährung u. s. w. — kurz alle übrigen als Gährungen

Bayerische Staatsbibliothek MÜNCHEN

erkannten Erscheinungen veranlassen — finden wir in der Fachlitteratur auch hier wieder ein solches Chaos von Namen, daß es in Folge deren sehr schwer fällt, dem Ideengang der Autoren zu folgen. Leptothrix, Mikrococcus, Bacterio, Spirillium, Vibrio u. s. w. sind Namen, mit welchen von verschiedenen Forschern jene winzigen Organismen bezeichnet werden, die man in gährenden und faulenden Flüssigkeiten in zahlloser Menge antrifft.

Das Bestreben, die in bestimmten Gährungen beobachteten Wesen auch morphologisch als bestimmte Arten hinzustellen, veranlaßte die einzelnen Forscher nach feststehenden Merkmalen in der Gestalt dieser Organismen zu suchen — und wurden mitunter ganz unwesentliche Unterschiede in der Größe der einzelnen Zellen, Einschnürungen u. s. w. die an ihnen beobachtet wurden, als feststehende Kriterien einer bestimmten Art angenommen. — Jeder — auch jener, welcher nicht Botaniker von Fach ist — der sich aber etwas eingehender mit dem Studium der Fermentorganismen beschäftigt hat, weiß nun aus eigener Erfahrung, daß selbst die höher steh'enden unter diesen Organismen ungemein stark in der Form abändern, wenn die Ernährungsverhältnisse andere werden — so daß man auf die mühevollen Untersuchungen, über die Formen, welche den nieder stehenden Fermenten charakteristisch sein sollen, nur sehr geringen Werth legen kann. Jeder Forscher sah eben das niederstehende Ferment in jener Gestalt vor sich, welche durch gerade obwaltende Ernährungsverhältnisse bedingt werden, und läßt sich annehmen, daß von zwei Forschern, welche das Essigferment in Bezug auf seine Gestalt untersuchten, und von denen der eine blos kugelförmige Zellen fand, während der andere längliche in der Mitte eingeschnürte Gebilde sah, Jeder für den eben vorliegenden Fall Recht hatte. Es können daher die morphologischen Untersuchungen über die niederen Fermente als auf sehr unsicherer Basis stehend, nur mit großer Vorsicht aufgenommen werden — sie verlieren aber jede Bedeutung, wenn man einer vor kurzem ausgesprochenen Ansicht folgend, diese Wesen als einheitliche Organismen auffaßt, deren verschiedene Gestalt blos durch die Beschaffenheit der Nährflüssigkeit bedingt wird.

Nägeli's Anschauungen.

Der vorstehend ausgesprochene Satz, welcher die Frage über die Fermentorganismen in einem ganz neuen Lichte erscheinen läßt, rührt von Nägeli her, und theilt dieser Forscher alle bis nun bekannten Fermentorganismen in drei Hauptgruppen ein und zwar in die Schimmelpilze, Sproßpilze (die vorbeschriebenen Saccharomyces) und in die Spaltpilze oder Schizomycetes, welch' letztere bei den verschiedenen Gährungsarten die Rolle des Fermentes übernehmen.

Nägeli bezeichnet die Organismen, die sich in Flüssigkeiten vorfinden, welche der Essig-Milchsäuregährung u. s. w. anheim gefallen sind, als einheitlich, aber nicht in dem Sinne, daß darunter eine einzige Species zu verstehen sei; möglicher Weise sind es sehr viele Species einer und derselben Art, welche wir in Folge ihrer geringen Größe und Einfachheit des Körperbaues noch nicht von einander zu scheiden vermögen — obwohl eine solche Scheidung denkbar ist,

und wir schon eine Analogie für eine solche Trennung in den Rees'schen Arbeiten über die Gruppe der Saccharomycespilze vor uns haben.

Nach Nägeli gehören die in Rede stehenden Organismen zu den Schizomyceten oder Spaltpilzen — jenen Wesen, welche man bis nun am häufigsten als Bacterien bezeichnete. Nägeli behält letztere Benennung theilweise auch bei, indem er eine gewisse durch besondere Wirkungen ausgezeichnete Gruppe der Spaltpilze als Bacterien bezeichnet.

Während bei den Ascomyceten (die vorstehend beschriebenen Alkoholfermente) die Vermehrung auf zweierlei Art durch Sprossung nach allen Richtungen und durch Ascosporenbildung vor sich geht, findet dieselbe bei den Schizomyceten oder Spaltpilzen in der Weise statt, daß sich aus einer Zelle zwei bilden — die Tochterzelle sich von der Mutterzelle abtrennt oder abspaltet, — daher der Name. —

Aus dem vorstehend Gesagten ergiebt sich, daß eine Eintheilung der Spaltpilze in bestimmte durch äußere Merkmale scharf von einander zu trennende botanische Individualitäten bis nun eine Unmöglichkeit ist — und müssen wir uns daher hier darauf beschränken, die Hauptformen zu beschreiben, welche man bei verschiedenen Gährungen an diesen zur Stunde noch sehr räthselhaften, aber für die Lehre von den Gährungen höchst wichtigen Wesen beobachtet hat. In technischer Beziehung sind vor allem zwei Formen der Spaltpilze oder Bacterien von Bedeutung und zwar sind dies jene, welche in solchen Flüssigkeiten auftreten, die sich in der Essig- oder Milchsäuergährung befinden. Neben der Alkoholgährung ist die Essiggährung unstreitig jene unter allen Gährungen, welche bis nun am eingehendsten studirt wurde, und beginnen wir aus diesem Grunde mit der Beschreibung jener Wesen, welche Essiggährung veranlassen.

Die Organismen der Essiggährung.

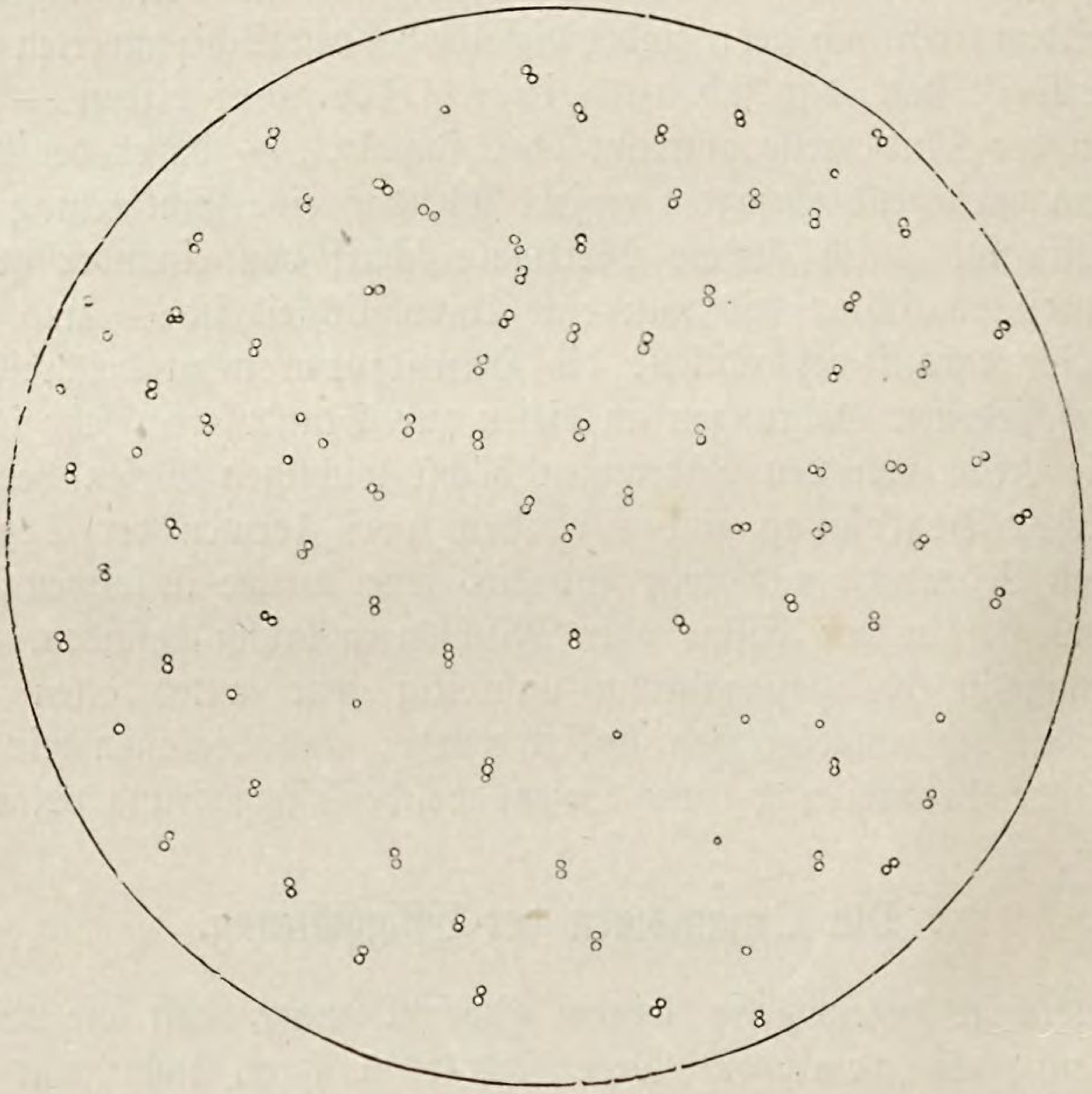
Es unterliegt gegenwärtig keinem Zweifel mehr, daß die Bildung von Essigsäure auf rein chemischem Wege stattfinden kann, und zwar durch verschiedene derartige Prozesse. — Wenn wir aber eine Flüssigkeit, welche geeignet ist, in Essiggährung überzugehen, sich selbst überlassen, so finden wir beim Eintritte der Bildung von Essigsäure in der Flüssigkeit stets Organismen vor; übertragen wir letztere in ganz geringen Mengen in eine andere Flüssigkeit, welche ebenfalls zu ihrer Ernährung geeignet ist, so beginnt die Bildung von Essigsäure sofort und kann man demnach diese Organismen nicht anders bezeichnen, als das Ferment der Essiggährung.

Man hat dies Wesen, welches die Essiggährung veranlaßt, als Mycoderma aceti bezeichnet oder belegt sie wohl auch mit dem Namen Essigkahn oder Essigkahm — wie man auch Saccharomyces Mycoderma gleichfalls als Kahm (Kahn, Kuhnen, Weinkahm) u. s. w. bezeichnet. Das Essigferment, welches in Gestalt von ganz dünnem Schleiern auf der Oberfläche klarer Flüssigkeiten wuchert, erscheint unter dem Mikroskope, je nach seinem Alter, in verschiedenen Formen — bald als ungemein kleine Zellen, deren Durchmesser nicht mehr als 1,5 bis höchstens 3 Mikromm. beträgt und einzeln in der Flüssigkeit liegen — bald als

Ketten, welche aus den schon erwähnten Zellen gebildet werden — bald wieder in anderen Formen. Am häufigsten hatte der Verfasser Gelegenheit, dieses Ferment von Anfang seiner Entwickelung in den nachstehend angegebenen Phasen zu studiren.

Es bilden sich außerordentlich zarte Schnüre, welche aus zehn oder zwölf, mitunter aber auch aus einer viel größeren Anzahl von kugelförmigen Zellen bestehen, deren Größe aber immer innerhalb der oben angegebenen Grenzen

Fig. 69.



Entwicklung der Essigfermentes. Das Ferment ist noch jung aber schon in voller Thätigkeit. Vergr. 500.

liegt. Bei fortschreitender Entwickelung des Fermentes machte ich die Beobachtung, daß sich diese Ketten in den meisten Fällen in der Weise auflösen, daß Gebilde entstehen, welche die Gestalt eines in der Mitte eingeschnürten Eies oder Biscuits haben.

Dieses Ferment, Fig. 69, lebt immer auf der Oberfläche von Flüssigkeiten und sinkt, nachdem es abgestorben, in denselben zu Boden; untersucht man das dem Bodensatze entnommene Ferment, so macht man die Beobachtung, daß diese eingeschnürten Gebilde — man kann dieselben ihrer Gestalt nach auch mit einem Achter vergleichen — ziemlich selten werden, dafür aber viele runde zu einem Haufen zusammengelagerte Zellen vorhanden sind, so daß man wohl annehmen kann, die eigenartige Einschnürung sei nur eine Uebergangsform von einer Zelle zu zweien — der Vermehrungsact durch Spaltung oder Abschnürung einer Zelle in zwei neue Zellen.

Man war früher allgemein der Ansicht, daß das Essigferment oder Mycoderma aceti eine ganz bestimmte feststehende Form sei und stellte es ganz speciell in die Gruppe der Bacterien. — Auch nach den gegenwärtigen Anschauungen erscheint es zweckmäßig, das Essigferment zu den Bacterien zu zählen aber es stimmt nicht mehr mit dem Stande unseres Wissens über die Fermentorganismen im Allgemeinen überein, es als eine ganz feststehende Form hinzunehmen. Wenn wir nämlich eine Menge von Flüssigkeiten, welche, sich selbst überlassen, in Gährung oder Fäulniß übergehen (zwei Erscheinungen, welche ihrer Wesenheit nach miteinander identisch sind), mit Hülfe des Mikroskopes untersuchen, so nehmen wir in denselben immer Organismen wahr, welche sich in Bezug auf Gestalt, Größe nnd Vermehrungsweise in nichts von jenen Gebilden unterscheiden, welche als specifisches Essigferment als Mycoderma aceti bezeichnet werden.

Die Produkte, welche jedoch in den betreffenden Flüssigkeiten in Folge der Wirkung dieser Organismen gebildet werden, sind aber ganz andere, als jene, welche bei der Essiggährung auftreten, so daß wir aus dieser Erscheinung nothwendigerweise zu dem Schlusse gezwungen werden, daß ein und dasselbe Wesen sehr verschiedene Gährungen zu veranlassen im Stande sei, wenn es in oder auf Nährflüssigkeiten von verschiedener Zusammensetzung lebt. Es erscheint nun beinahe jetzt schon ziemlich unwahrscheinlich, daß wir es bei den verschiedenen Gährungsformen immer mit einem und demselben Organismus zu thun haben, sondern daß es viel wahrscheinlicher ist, anzunehmen, man habe eine ganze Gruppe von Wesen vor sich, welche im Körperbau bis zur Nichtunterscheidbarkeit übereinstimmen und je nach Umständen bald Essigsäure, bald Milchsäure oder andere Produkte bilden. Wenn diese Annahme als richtig erscheint, so muß selbstverständlich der Name Mycoderma aceti entfallen und müssen wir an Stelle desselben einen allgemeineren setzen.

Wir sprechen einfach von Bacterien — und zwar je nachdem dieselben die eine oder andere Art der Gährung veranlassen, von Essigbacterien, Milchsäurebacterien u. s. w. — Denselben eine näher präcisirte botanische Stellung anzuweisen, ist dermalen noch ganz unmöglich und müssen wir uns mit der vagen Bezeichnungsweise vorläufig begnügen. Wenn es sich aber als unbedingt wahr erweisen sollte, daß verschiedene Species aus der Gruppe der Bacterien bald Essig-, bald Milchsäuregährung u. s. w. hervorrufen, so müssen wir ganz entschieden für die Benennung der Bacterien nach jenen Körpern eintreten, welche in größerer Menge in bestimmten Flüssigkeiten Essig-Milchsäure u. s. w. durch die Wirkung dieser Organismen gebildet werden.

Die sogenannte Essigmutter.

Es ist eine bekannte Sache, daß sich mitunter auf Flüssigkeiten, welche in Essiggährung überzugehen vermögen, Häute von eigenthümlicher Beschaffenheit bilden, welche man mit dem Namen der Essigmutter bezeichnet, weil ihnen die Fähigkeit zukommt, die Essiggährung auf andere Flüssigkeiten zu übertragen —

als Ferment zu wirken. Man kann diese Häute, welche, so lange sie auf der Flüssigkeit schwimmen, am besten mit einer ungemein stark aufgeschwollenen Thierhaut verglichen werden können nach dem Abheben von der Flüssigkeit zu ungemein dünnen Membranen zusammentrocknen lassen, welche täuschend weißem Löschpapiere ähnlich sehen. —

Die mikroskopische Untersuchung der frischen Essigmutter zeigt immer, daß dieselbe von zahllosen Zellen des Essigfermentes erfüllt ist, neben welchen aber immer Zellen von Saccharomyces Mycoderma vorhanden sind, wie denn überhaupt nach meinen Erfahrungen, welche in diesen Beziehungen sehr gut mit jenen anderer Beobachter übereinstimmen, die Bildung von Essigmuttern immer auf solchen Flüssigkeiten stattfindet, die ihrer Zusammensetzung nach geeignet sind, Saccharomyces Mycoderma kräftig zu ernähren. Dies ist besonders bei jungem Weine der Fall, und hatte ich Gelegenheit, die Entstehung von Essigmuttern auf der Oberfläche von solchem Weine in der Weise zu beobachten, daß nach Abnahme einer dicken Haut von Essigmutter sich alsbald wieder eine neue bildete und sich dieser Vorgang so lange wiederholte, als die Flüssigkeit noch ziemlich viele Eiweißstoffe in Lösung enthielt.

Nach einigen Beobachtern soll die Essigmutter eine Varietät des Essigfermentes sein, eine Annahme, welche gegenwärtig aus den oben angegebenen Gründen nurmehr sehr wenig Beachtung verdient, weil sie im Grunde gar keine Erklärung giebt; nach Anderen soll die Entstehung der Essigmutter dadurch veranlaßt werden, daß sich die schleimartige Masse, von welcher die Zellen des Essigfermentes eingehüllt sind, aus den Zellen von Saccharomyces Mycoderma bildet — mir erscheint die Annahme, daß man es hier mit einer eigenthümlichen Ausscheidung von Eiweißstoffen aus der Nährflüssigkeit zu thun habe, jene zu sein, welche die meiste Beachtung verdient.

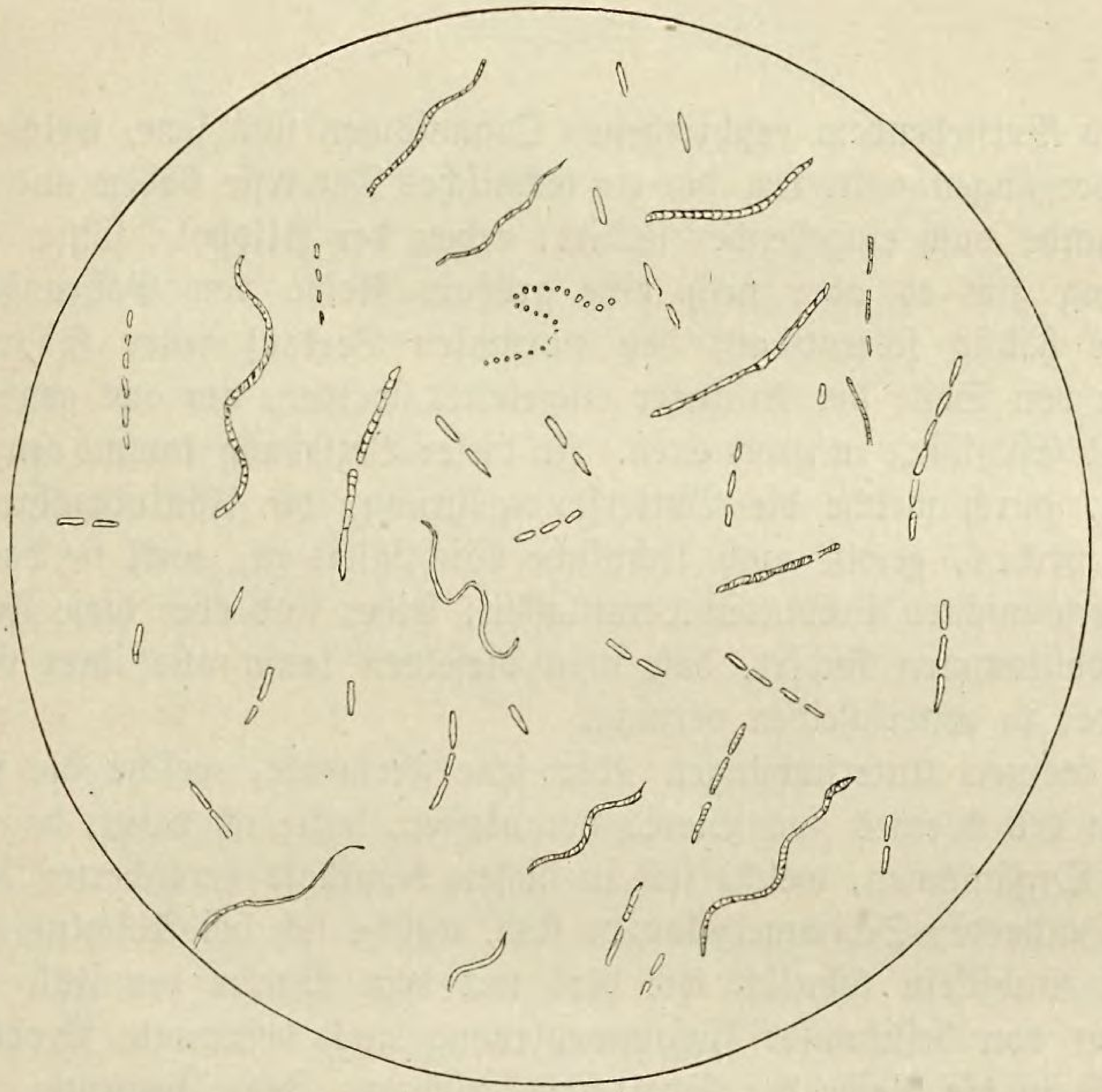
Gewiß ist, daß die Essigmutter nicht als eine specielle Form des Essigfermentes aufgefaßt werden darf, sondern durch eigenthümliche chemische Prozesse gebildet wird; das Vorhandensein des Fermentes in den Massen der Essigmutter ist nur eine Folge der zähen gelatinösen Beschaffenheit der letzteren. — Wie sich aus dem Vorstehenden von selbst ergiebt, sind unsere Kenntnisse über die botanische Natur des Essigfermentes oder der Essigfermente zur Stunde noch ungemein beschränkte und müssen wir uns einfach auf die Constatirung der Thatsache beschränken, daß in solchen Flüssigkeiten, die sich in Essiggährung befinden, jene Organismen constant anzutreffen sind, die man mit dem allgemeinen Namen der „Essigbacterien" bezeichnet.

Die Organismen der Milchsäuregährung.

In solchen Flüssigkeiten, in welchen sich Milchsäure bildet, kann man stets Organismen nachweisen, die bei flüchtiger Beobachtung große Aehnlichkeit mit jenen Gebilden haben, die bei der Essiggährung auftreten, aber dennoch ziemlich bedeutende Verschiedenheiten, nicht nur in Bezug auf ihre Lebensweise und die durch sie gebildeten Producte, sondern auch in Bezug auf ihre Gestalt haben.

Während man das Essigferment in lebendem Zustande immer nur auf der Oberfläche der gährenden Flüssigkeit antrifft, finden sich jene Organismen, welche Milchsäure produziren in der ganzen Masse derselben und sind in ruhenden Flüssigkeiten gerade am Boden der Gefäße abgelagert. Das Ferment erscheint bei starker Vergrößerung in Gestalt von sehr dünnen Fäden, deren Durchmesser 1,7 Mikromm. nicht übersteigt, meistens ist der Durchmesser in der Mitte des Fadens am größten und erscheint der letztere hierdurch gegen die Enden etwas zugespitzt. Bei etwas älterem Fermente erkennt man an den Fäden eine Querstreifung, welche jene Stellen anzeigt, an welchen die Trennung der Fäden später erfolgt.

Fig. 70.



Milchsäure-Ferment. Vergr. 500.

Die Länge dieser Fäden ist eine sehr wechselnde — bei geraden Fäden ist sie nach meinen Beobachtungen zwischen 45 und 336 Mikromm. während die gekrümmten Fäden eine viel größere (eine drei- bis vierfache) Länge besitzen. Diese langen Fäden treten jedoch nur in solchen Flüssigkeiten auf, welche vor starker Erschütterung geschützt waren; schüttelt man das Gefäß, so zerfallen die Fäden in ungemein kleine cylindrische Stücke. Die Vermehrung dieses Fermentes erfolgt auf ähnliche Weise wie bei dem Essigfermente durch eine einfache Theilung oder Spaltung der Fäden in kurze Zellen; der Unterschied zwischen beiden Fermenten scheint darin zu liegen, daß bei dem Essigfermente die Tendenz der einzelnen Zellen, sich von einander zu trennen, an und für sich eine größere ist und

schon in einem jugendlicheren Zustande, auch in der Ruhe erfolgt, während bei dem Milchsäurefermente die Trennung erst etwas später, oder wie erwähnt, bei absoluter Ruhe der Flüssigkeit auch nur in geringem Maße eintritt.

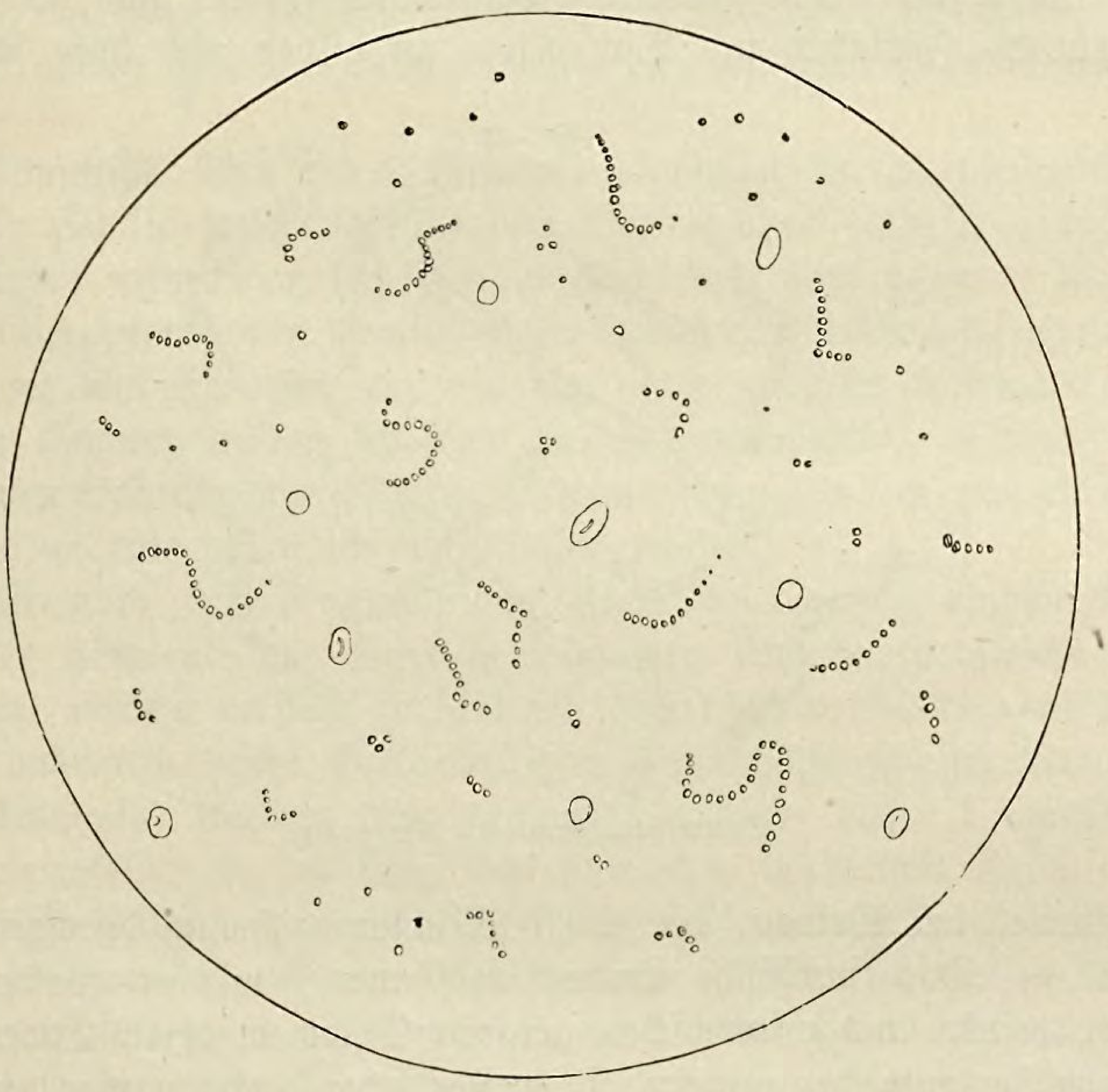
Das Milchsäureferment wird eben so wie das Essigferment zu den Bacterien gerechnet; es ist noch nicht entschieden ob dieselben Arten von Bacterien bald als Essig- bald als Milchsäureferment auftreten können und setzt diese Annahme eine gewaltige Anpassungsfähigkeit der betreffenden Wesen an gegebene Verhältnisse voraus, denn die Milchsäurebacterien können ohne freien Sauerstoff (in der Tiefe der Flüssigkeiten) leben, während die Essigsäurebacterien nur dann zu functioniren vermögen, wenn sie unmittelbar mit Sauerstoff (Luft) in Berührung stehen.

Die in Vorstehendem beschriebenen Organismen sind jene, welche bei solchen Gährungsvorgängen auftreten, die ein technisches Interesse haben und wurden aus diesem Grunde auch eingehender studirt; neben der Alkohol-, Essig- und Milchsäuregährung gibt es aber noch eine größere Reihe von Gährungsvorgängen, welche sehr häufig störend auf den normalen Verlauf jener Gährungen einwirken, die von Seite der Praktiker eingeleitet werden, um aus gewissen Körper Alkohol und Essigsäure zu produciren. In dieser Beziehung kommt den zahlreichen Fermenten, durch welche die Buttersäuregährung, die Fäulnißgährung u. s. w. veranlaßt werden, gewiß auch technische Wichtigkeit zu, weil sie das Entstehen von nicht erwünschten Producten veranlassen; leider sind aber diese Fermente bis nun so unvollkommen studirt, daß man dieselben kaum alle ihrer Gestalt nach von einander zu unterscheiden vermag.

Nach meinen Untersuchungen über jene Fermente, welche die sogenannten Krankheiten des Weines und Bieres veranlassen, halte ich dafür, daß die Mehrzahl jener Organismen, welche sich in diesen krankhaft veränderten Flüssigkeiten entwickeln, entweder Schimmelpflanzen sind, welche sich bei Abschluß der Luft zu Fermenten entwickeln (ähnlich wie dies mit dem Mucor der Fall ist) und in Flüssigkeiten von bestimmter Zusammensetzung auch bestimmte Producte bilden, oder daß sie in die Reihe der Spaltpilze gehören. Jene Fermente, welche das Bitterwerden des Weines, der Milch, das Schalwerden des Weines und Bieres, den Rauchgeschmack des Weines und noch manche andere unerwünschte Veränderungen hervorrufen, gehören wahrscheinlich den Schimmelpflanzen an, während jene Fermente, welche die sogenannte Schleim — Buttersäure — und faulige Gährung veranlassen, und überhaupt bei vielen der sogenannten freiwilligen Gährungen auftreten, zu den Spaltpilzen zu zählen sein dürften — wenigstens bemerkt man in diesen Flüssigkeiten (nur etwa die Buttersäure-Gährung augenommen) keine anderen Gebilde als ungemein kleine kugelförmige oder längliche Zellen, deren Vermehrung durch einfache Theilung, wie sie den Spaltpilzen entspricht, stattfindet, nie aber den Vorgang der Sprossung zeigt, wie wir ihn an den Saccharomyces-Arten und unter bestimmten Verhältnissen auch an gewissen Schimmelpflanzen wahrnehmen können.

Man hat für die winzigen Organismen, welche sich in den Flüssigkeiten finden, wenn diese in faulige Gährung, in die Schleimgährung u. s. w. übergehen, eine ganze Reihe von Namen erfunden und diese Organismen zu classificiren versucht; die Benennung: Torula, welche auch früher von mancher Seite für die Alkoholgährungsfermente angewendet wurde, ist eine von jenen, die von manchen Autoren gegenwärtig noch gebraucht werden. Wenn wir uns der neueren Auffassung über das Wesen dieser winzigen Organismen anschließen, so müssen wir dieselben wohl als Spaltpilze oder Schizomyceten bezeichnen, und dermalen noch auf jeden Versuch, dieselben zu classificiren, verzichten.

Fig. 71.



Ferment der Schleimgährung in zähe gewordenem Weine. Vergr. 500.

Das Ferment der Schleimgährung.

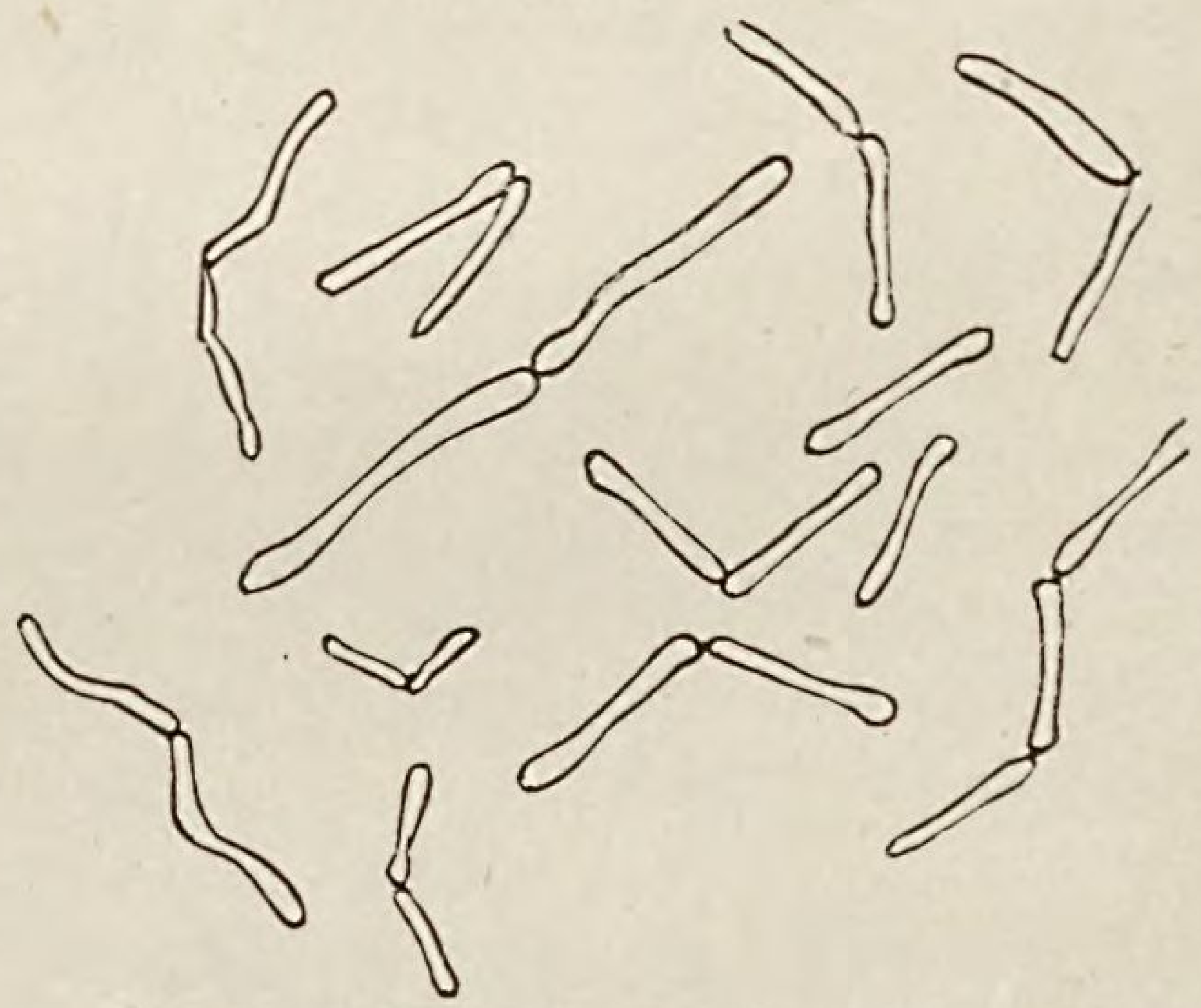
In solchen Flüssigkeiten, welche sich durch einen eigenthümlichen Gährungsvorgang in eine dickflüssige zähe Masse verwandeln (zäher Wein, Zuckerlösungen u. s. w.) findet man in unzähliger Menge außerordentlich kleine kugelförmige Organismen, welche einen Durchmesser von 1,2 bis 1,4 Mikromm. haben und welche in der Flüssigkeit regellos zerstreut oder zu längeren Reihen mit einander verbunden sind. — Häufig kommen neben diesen Zellen, im zähgewordenen Weine wenigstens, noch andere vor, die ebenfalls Kugelgestalt besitzen, sich aber durch einen drei- bis viermal größeren Durchmesser von ihnen leicht unterscheiden lassen.

In faulenden Flüssigkeiten, z. B. im Harn, den man sich selbst überläßt, treten Gebilde auf, welche sich ihrem Ansehen nach in nichts von jenen unterscheiden lassen, die man in solchen Flüssigkeiten findet, die sich in schleimiger Gährung befinden — in Bezug auf ihre chemische Wirkung aber weit von ihnen diesen abstehen.

Die Organismen der Buttersäuregährung.

Nach Untersuchungen älteren Datums von Pasteur wird jene eigenthümliche Gährung, bei welcher Buttersäure gebildet wird, durch ein bestimmtes Ferment veranlaßt, welches er als „Buttersäureferment" bezeichnet; nach neueren Untersuchungen kommt nebst dem specifischen Buttersäureferment auch noch dem Milchsäureferment die Fähigkeit zu, Buttersäure zu bilden und habe ich z. B. diese

Fig. 72.



Buttersäure-Ferment. Vergr. 400.

Wirkung speciell bei Weinen, die zuerst Milchsäuregährung durchgemacht hatten, beobachtet. — Das specifische Buttersäureferment, wie es Pasteur beschreibt (Figur 72), besteht aus cylindrischen geraden Stäbchen, deren Enden abgerundet sind und welche entweder einzeln, bisweilen aber auch zu vier und noch mehr mit einander verbunden vorkommen. Der Querdurchmesser dieser Stäbchen ist 2 Mikromm. die Länge derselben aber eine sehr verschiedene, zwischen 2 und 20 Mikromm. Diese Organismen bewegen sich langsam vorwärts, wobei allerlei Bewegungen stattfinden, und vermehren sich durch Spaltung. Pasteur hält diese Wesen nach diesen Kennzeichen für Infusorien, welche der Gattung Vibrio angehören sollen — eine Annahme, welche aber unrichtig zu sein scheint; das Buttersäureferment dürfte eben so wie das Milchsäureferment zu den Bacterien zu rechnen sein.

Wie aus der vorstehend angegebenen Beschreibung des Buttersäureferments hervorgeht, läßt sich dieselbe fast wörtlich auch für jene Organismen anwenden, welche Milchsäuregährung veranlassen; was speciell die Bewegungen anlangt, deren Pasteur besondere Erwähnung thut, so ist zu bemerken, daß man dieselben

auch bei dem Milchsäureferment wahrnimmt und daß diese Bewegungen wahrscheinlich ganz zufällige und mit den sogenannten Brown'schen Bewegungen, die man bei der mikroskopischen Beobachtung der kleinsten Wesen wahrnehmen kann, zusammenfallen.

Man macht die Wahrnehmung, daß bei der mikroskopischen Beobachtung dieser Fermente zugleich mit Alkoholgährungspilzen letztere ruhen, während sich die anderen Fermente bewegen, und kann so die Täuschung entstehen, daß letzteren in der That eine besondere Fähigkeit sich zu bewegen, zukomme. Es darf aber in diesem Falle nicht darauf vergessen werden, daß die Zellen der Alkoholfermente im Vergleich mit jenen des Essigsäure-, Milchsäure-, Buttersäurefermentes u. s. w. ein viel größeres Gewicht besitzen und in Folge dessen unbewegt in Flüssigkeiten liegen bleiben, in welchen ungemein schwache Strömungen stattfinden, die aber doch noch stark genug sind, um Bewegungen dieser winzigen Organismen hervorzurufen.

Unsere Kenntnisse über die Gährungsorganismen in morphologischer Beziehung sind so ziemlich vollständig in dem Vorstehenden enthalten; wir können aus dem Gesagten entnehmen, daß wir nur von einer ganz geringen Anzahl von Gährungsorganismen als von ziemlich sicher bestimmten Individualitäten sprechen können, und gilt dies eigentlich nur von den unter gewissen Umständen Gährung veranlassenden Schimmelpilzen und den Saccharomycesarten, während wir bis nun alle übrigen Gährungen erregenden Organismen unter dem generellen Namen der Spaltpilze und Bacterien zusammenfassen müssen.

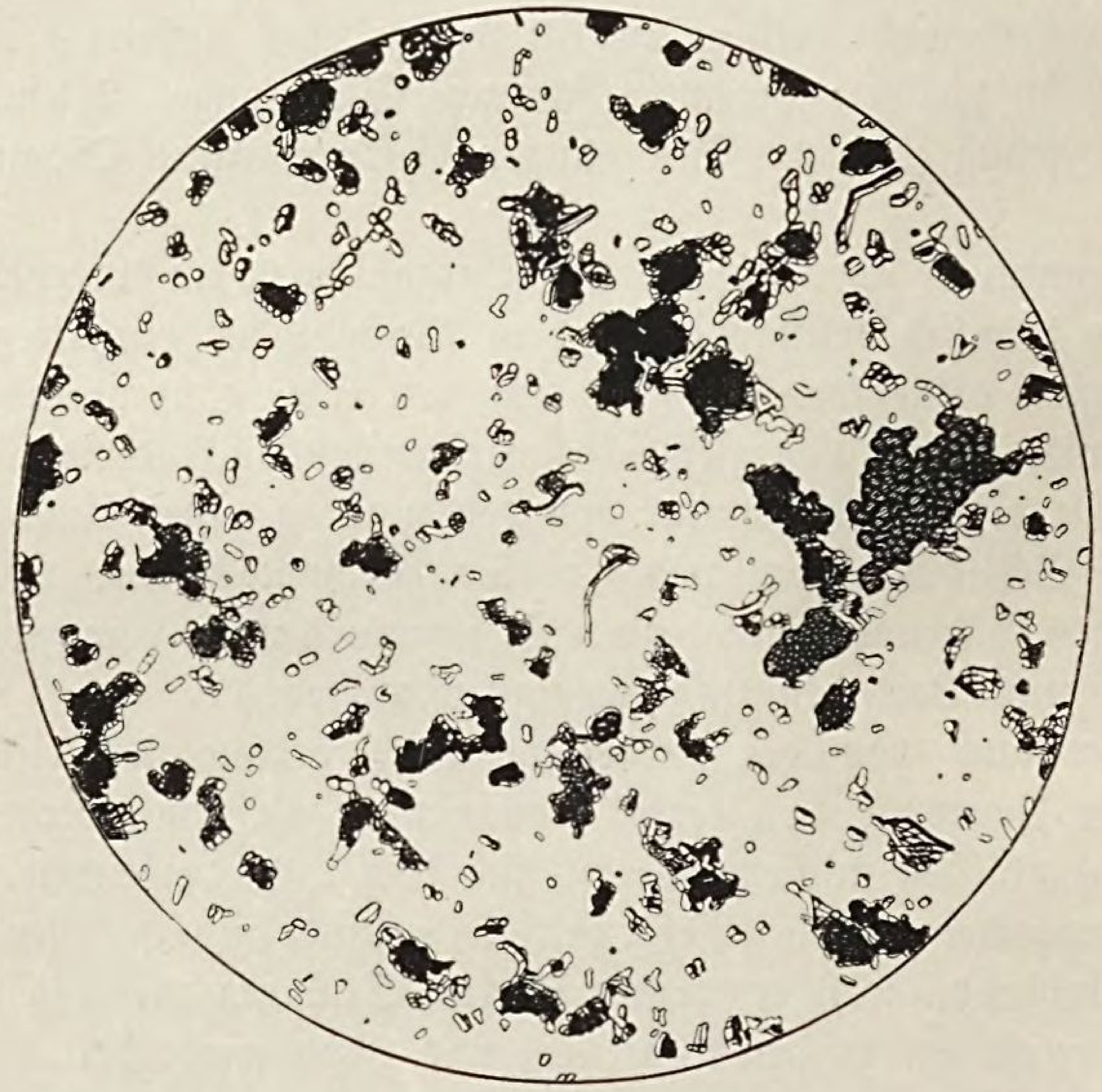
Wenn wir auch von der früher mehrfach behaupteten einheitlichen Abstammung aller Fermente von einer gemeinsamen Urform (vergleiche Hallier's Untersuchungen) absehen müssen, so läßt sich doch nicht verkennen, daß den Fermenten eine ungemein reiche Vielgestaltigkeit (innerhalb gewisser Grenzen) zukommt, ein Umstand, welcher dem genauen Studium dieser Organismen die größten Schwierigkeiten in den Weg legt und schon wiederholt Veranlassung zu folgenschweren Irrthümern gegeben hat. — Dieser Pleomorphismus der Fermentorganismen, welcher sich auch an wohlbekannten Formen nachweisen läßt, vergleiche z. B. Saccharomyces Mycoderma, wird aber höchst wahrscheinlich nicht durch das früher behauptete Uebergehen der Fermente in einander, sondern durch Aenderung in den Ernährungsverhältnissen bedingt.

Welch' außerordentlichen Einfluß die Ernährungsweise und das Alter eines Fermentes auf die Gestalt und Größe desselben nimmt, geht schon aus mehreren der in vorstehendem Abschnitte gegebenen Abbildungen gewisser Fermente hervor und hat namentlich Pasteur durch eine Reihe von Versuchen gezeigt, daß Fermente durch Aenderung ihrer Nährflüssigkeit zu Ungunsten ihre Größe sehr verringern und ihr Aussehen verändern, gleichsam herabkommen, wie jedes andere schlecht ernährt lebende Wesen, aber wieder Nachkommen produciren, die sich in Bezug auf Größe und Gestalt nicht von den Voreltern unterscheiden, wenn man sie in günstig zusammengesetzten Nährflüssigkeiten zur Vermehrung bringt.

Wie schon mehrfach angedeutet wurde, ist dermalen eine Classification der Gährungsorganismen nach den Gesetzen der Systematik eine Unmöglichkeit und

können wir höchstens nach Nägeli drei Gruppen derselben bilden, von denen aber eigentlich keine als ein streng abgeschlossenes Ganze betrachtet werden darf; diese Gruppen lassen sich als die Gruppe der Schimmelpilze, der Ascomyceten und als jene der Schizomyceten bezeichnen, und müssen wir diesen Abschnitt mit dieser vagen Abgrenzung der Fermentorganismen schließen, wobei wir noch der Meinung Ausdruck geben, daß künftige Arbeiten auf diesem Gebiete die Frage über die Morphologie der Gährungsorganismen in einem ganz anderen Lichte erscheinen lassen werden, als die bis zur Zeit vorliegenden.

Fig. 73.



Ferment in bitter gewordenem Wein. Nach einer Photographie. Vergr. 500.

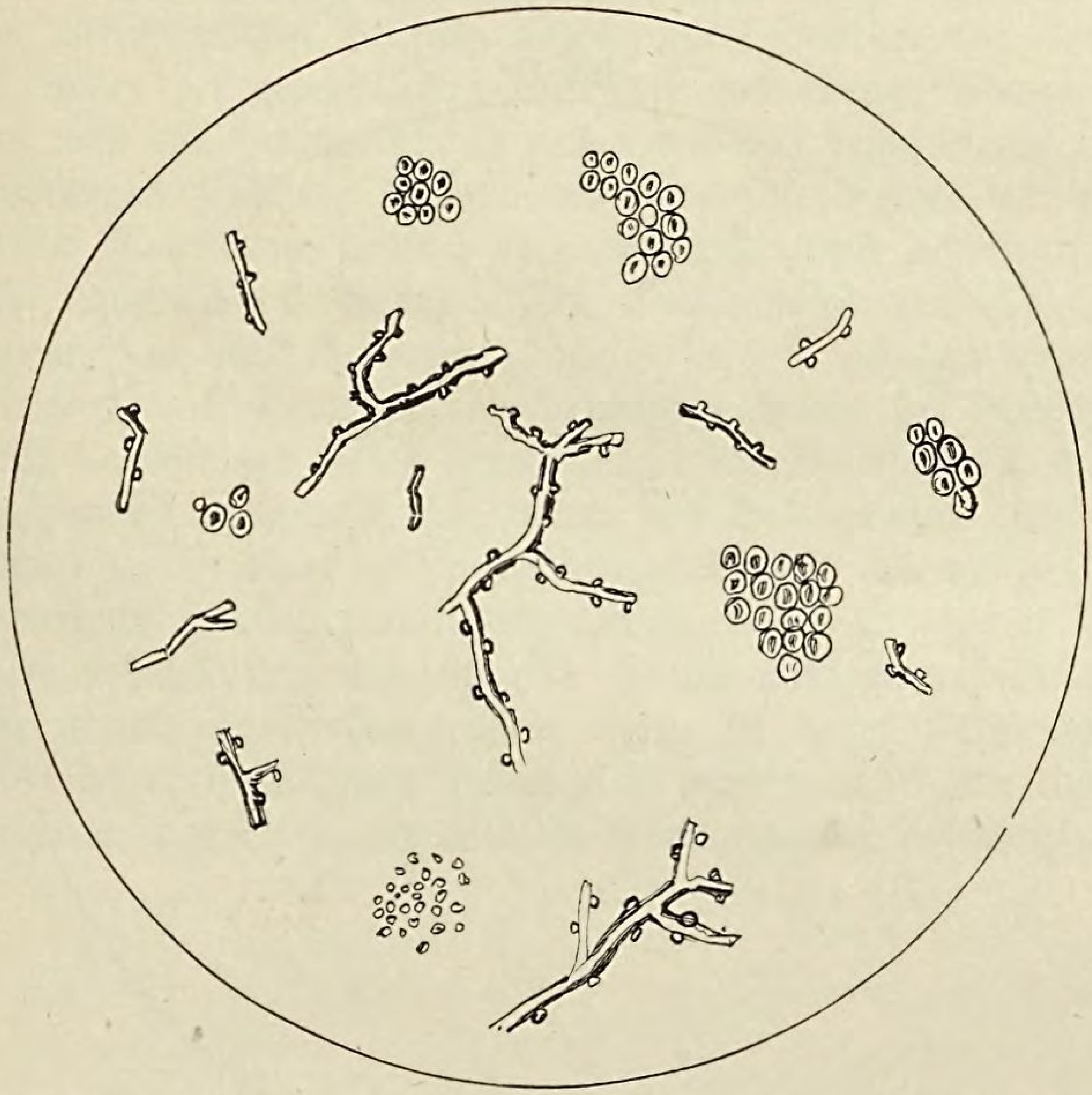
Außer jenen Fermenten, welche wir im Vorstehenden in morphologischer Beziehung beschrieben haben, und welche die Veranlassung zu gewissen Gährungen geben, verdienen noch einige Organismen, welche unzweifelhaft auch Gährungen in gewissem Sinne hervorrufen, unsere Beachtung. Im Rothweine, selten im Weißweine kommt ein Ferment vor, welches die Veranlassung zur Entstehung eines intensiv bitter schmeckenden Körpers giebt, durch welchen der Wein vollständig ungenießbar wird. — Dieses Ferment, welches ich zum Gegenstande einer eingehenden Untersuchung gemacht habe,*) erscheint in ganz eigenthümlichen Formen, welche theils runde, etwas schüsselförmig eingedrückte Zellen, theils Gebilde darstellen, welche mit einem Baumzweige, dessen Aeste abgebrochen sind, Aehnlichkeit haben, Fig. 73 und 74, aber in Größe und Gestalt sehr verschieden sind. — Es ist mir gelungen, durch die Cultur von Penicillium crustaceum in Rothwein nicht nur

*) Vergleiche mein Werk: Die Krankheiten des Weines. Wien 1873.

dieselben Gebilde entstehen zu machen, sondern auch das Eintreten des Bitterwerdens herbeizuführen, so daß über die Natur der erwähnten Fermente kein Zweifel mehr sein kann — sie sind Schimmelpflanzen in gehinderter Entwickelung.

Die runden Zellen, welche man in bittergewordenem Weine antrifft, sind Schimmelsporen, die in Folge der Incrustation mit dem Farbstoffe des Rothweines nicht zur Entwickelung gelangen konnten; die mit ästigen Ansätzen ver-

Fig. 74.



Characteristische Formen des Fermentes bitterer Weine. Vergr. 500.

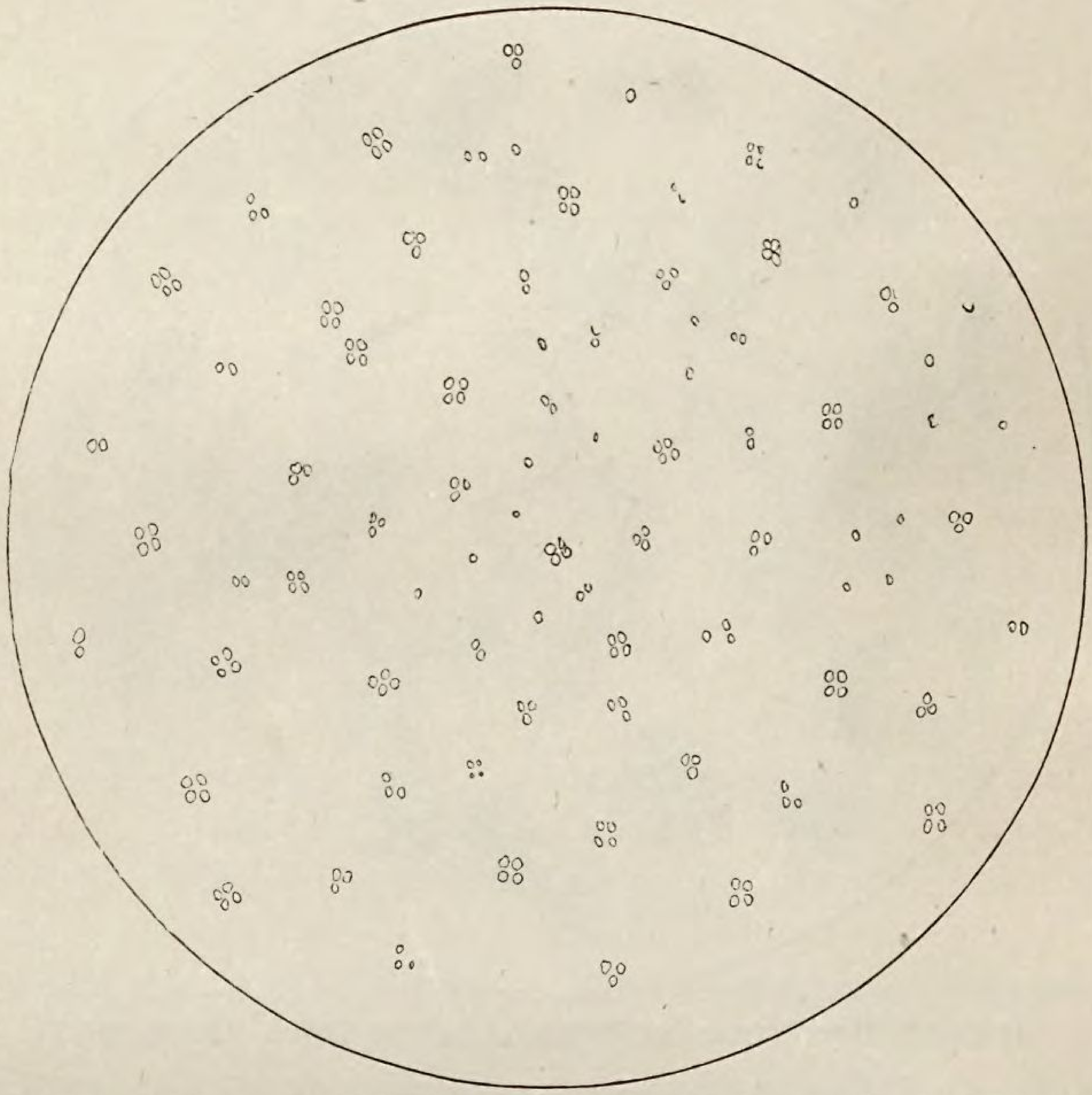
sehenen Fäden, welche für das Bitterferment des Weines so charakteristisch sind, stellen eben die Gebilde dar, zu welchen sich eine Anzahl von Sporen unter den ungünstigen Ernährungsverhältnissen (Luftabschluß und Gegenwart von Alkohol) ausbildeten; nach meinen gegenwärtigen Erfahrungen scheinen sie mit der beginnenden Mycelentwickelung, wie man sie z. B. bei der Cultur von Penicillium crustaceum in Tanninlösungen deutlicher wahrnimmt, in Zusammenhang zu stehen. (Obwohl dieser Gegenstand nicht unmittelbar hierher gehört, will ich noch erwähnen, daß durch Wucherung von Schimmel manche Gegenstände, wie z. B. Milch und Käse einen b i t t e r e n Geschmack annehmen können und der im Weine entstehende bittere Körper vielleicht mit jenem, der das Bitterwerden von Milch, Käse u. s. w. veranlaßt, in Beziehung steht.)

In Wein, welcher den sogenannten Rauchgeschmack angenommen hatte, fand

ich ein Ferment,*) welches mit den Sporen von Botrytis cinerea, einem an faulen Trauben in außerordentlichen Mengen vorhandenen Pilz, in Beziehung zu stehen scheint. Die Erscheinung des Rauchigwerdens ist bis nun nur in ziemlich vereinzelten Fällen beobachtet worden (von Fitz und mir) und hat der erstere ebenfalls in rauchigem Weine die Sporen von Botrytis cinerea aufgefunden.

Ein französischer Forscher hat in jüngster Zeit die Nachricht veröffentlicht, daß er in blaugewordenem Weine eine Unzahl winziger Organismen (Spaltpilze? Der Verf.) angetroffen habe und kommen auch bisweilen im Biere neben den in vorstehendem beschriebenen ganz eigenartige Fermente vor.

Fig. 75.



Neues, noch nicht benanntes Ferment im Biere nachgewiesen. Vergr. 500.

Schließlich sei hier noch eines Fermentes erwähnt, welches bis nun sehr wenig gekannt ist, aber entschieden die allgemeine Beachtung verdient, indem es zu jenen gehört, welche Gährungen veranlassen, die immer auf die Eigenschaften des betreffenden Produktes nachtheiligen Einfluß nehmen. — Dieses Ferment wurde bis nun ausschließlich im Biere beobachtet und verdanken wir die erste Nachricht über dasselbe Pasteur. In Bezug auf seine Gestalt ist es wenig charakteristisch; es erscheint selbst bei sehr starker Vergrößerung nur in Form von Kügelchen, deren Durchmesser geringer ist als jener der Zellen des Essigfermentes ist, aber jene des Milchsäurefermentes etwas übertrifft. Charakteristisch für dieses Ferment

*) Vergleiche mein Werk: Die Krankheiten des Weines. Wien 1873.

ist nur der Umstand, daß gewöhnlich vier der winzigen Zellen so beisammen liegen, daß sie ein Quadrat bilden; seltener sind Vereinigungen dreier oder zweier Zellen; noch seltener einzelne Zellen. — Pasteur giebt an, daß er zufälliger Weise dieses Ferment ganz allein im Biere angetroffen habe und dasselbe dem Biere nebst einem sauren Geschmack, der jenem saurer Früchte ähnlich ist, noch einen widerwärtigen Geruch ertheile.

Im December des Jahres 1878 erhielt ich aus einer großen Brauerei Deutschlands Bier zur Untersuchung, welches sehr schlecht vergohren und einen unangenehmen sauren Geschmack und Geruch angenommen hatte; ich fand bei der genauen mikroskopischen Prüfung dieses Bieres und der von ihm ausgeschiedenen Hefe neben der gewöhnlichen Unterhefe und kleinen Menge von Milchsäureferment noch die charakteristischen Zellen des eben beschriebenen Organismus. Die Beobachtungen Pasteur's und die meinigen sind, soviel mir bekannt, bis nun die ersten Nachrichten, welche über dieses Ferment veröffentlicht worden; es ist jedoch, namentlich in Bezug auf die Brauindustrie von Wichtigkeit, dieses Ferment genauer zu studiren, indem dasselbe großen Schaden verursachen kann. In der Brauerei, aus welcher ich die betreffende Probe des Fermentes erhielt, kam es durch die Wirkung dieses Fermentes in der That so weit, daß der ganze Betrieb unterbrochen werden mußte, indem das Bier absolut untrinkbar war.

Als Nichtbotaniker kann ich kein bestimmtes Urtheil über das in Rede stehende Ferment abgeben; in Bezug auf seinen Bau gehört es zu den kleinsten und einfachst organisirten Wesen und erscheint es mir nicht unwahrscheinlich zu sein, daß dasselbe zu den Spaltpilzen gehöre. Hier sei dieses Fermentes schon der Vollständigkeit wegen Erwähnung gethan und müssen eingehende Untersuchungen angestellt werden, um die Natur und die Wirkungsweise desselben zu ermitteln.

IV. Die Ferment-Organismen in chemischer Beziehung.

Die Hefe im Allgemeinen.

Seitdem die Anschauung, daß die Gährung mit der Lebensthätigkeit von Organismen zusammenhänge, immer mehr an Boden gewann, wendete man auch Seitens der Chemiker diesen Organismen immer mehr Aufmerksamkeit zu. Zur Zeit, in welcher die Untersuchungen ihren Anfang nahmen, wußte man noch nichts von der Verschiedenheit der Gährungsorganismen, sondern begnügte sich damit, jene Organismen, die seit Menschengedenken als „Hefe" zur Erregung von Gährung benutzt wurden, als die Ursache jeder (geistigen oder alkoholischen) Gährung zu halten. — Der Kürze wegen haben alle Gährungs-Chemiker den Ausdruck „Hefe" an Stelle der richtigen Benennungsart „Alkoholferment" beibehalten, obwohl man unter „Hefe" etwas versteht, was wesentlich von dem Alkoholferment verschieden ist. Um Irrthümer zu vermeiden, wollen wir hier feststellen, in wie weit sich der Begriff „Hefe", wie man ihn im gewöhnlichen Sinne auffaßt, von jenem unterscheidet, welchen man mit diesem Ausdrucke Seitens der Gährungs-Chemiker versteht.

Im praktischen Sinne genommen, ist „Hefe" jener feste Körper, welcher sich aus gährenden Flüssigkeiten abscheidet und selbst geeignet ist, Gährung zu veranlassen, wenn man ihm aus einer vergohrenen Flüssigkeit in eine gährungsfähige überträgt. Das „Zeug" oder die „Stellhefe" der Bierbrauer die „Hefe" der Branntweinbrauer und das als „Preßhefe" bekannte Produkt, sowie die „Weinhefe" gehören hierher. — Diese Substanzen sind aber weit davon entfernt, blos aus den Fermentorganismen zu bestehen — sie sind vielmehr in den meisten Fällen ein Gemisch aus mehreren, vielleicht sehr verschiedenartigen Körpern, welche in Bezug auf ihre chemische Beschaffenheit noch gar nicht genau bekannt sind.

In jeder Hefe — im allgemeinen Sinne des Wortes genommen, findet man Gährungsorganismen — und ist die Art derselben davon abhängig, aus welcher

Flüssigkeit die „Hefe“ entstand. Bei jenen Gährungen, bei welchen man den Vorgang durch Zusatz von Hefe einleitet, bestehen bei normalem Verlaufe der Gährung die in der Hefe enthaltenen Organismen aus derselben Art, welche in der Stellhefe enthalten war, somit aus Saccharomyces cerevisiae in der Unter- oder Obergährungsform; in der Weinhefe ist Saccharomyces ellypsoideus die gewöhnlich erscheinende Hefespecies, und zeigen sich in der Hefe in verschiedenen Stadien der Gährung auch verschiedene Organismen — so daß es durchaus nicht gleichgültig ist, wann man eine Hefe auf die in ihr enthaltenen Gährungsorganismen untersucht; es ist sogar eine sehr häufig auftretende Erscheinung, daß die sich in einem späteren Gährungsstadium ablagernden Hefemassen eine andere Species von Organismen enthalten, als jene, welche die Hauptgährung bewirkten. Wir nehmen z. B. die letzterwähnte Erscheinung bei solchen Flüssigkeiten, welche eine längere Nachgährung durchzumachen haben — z. B. beim Biere und Weine, sehr häufig wahr. Bekanntlich ist die zur Vergährung von Branntweinmaischen dienende Hefe meistens etwas sauer und wird absichtlich so dargestellt; das Mikroskop lehrt, daß derartige Hefe neben dem Alkoholferment noch Milchsäureferment in ansehnlicher Menge enthält — daß somit mindestens zwei von einander grundverschiedene Fermentorganismen in der Hefe vorhanden sind. Es sei aber hier noch bemerkt, daß man fast in allen Fällen — auch in der unter Beobachtung der größten Vorsicht dargestellten Hefe — wie sie z. B. von den Brauern verlangt wird, mit Hülfe des Mikroskopes neben dem Alkoholferment verschiedene andere Organismen nachweisen kann, welche ebenfalls als Fermente thätig sein können und bisweilen sogar in solchen Massen erscheinen, daß sie auf die Art der mittelst solcher Hefe dargestellten Gährungsprodukte wesentlichen Einfluß nehmen.

Es wäre somit sehr irrig, den Begriff „Hefe“, wie man ihn für die in der Praxis der gährungschemischen Gewerbe verwendeten Massen gebraucht, mit dem eines einzigen Gährungsorganismus zu identificiren — selbst wenn man von dem besonderen Falle der Branntweinhefe absieht, in welchem man absichtlich zweierlei Fermente zu erzielen wünschte. Wir können den Begriff „Hefe“ als „Gährungserreger“ nur so auffassen, daß wir sagen, „die Hefe“ bestehe aus Organismen, welche der weitaus größten Menge nach den Saccharomycesarten angehören; es ist aber von der Beschaffenheit der gährenden Flüssigkeit abhängig, welche Saccharomycesart den Hauptbestandtheil der Hefe ausmacht. Neben diese Pflanzen kommen aber — wenn auch in meist sehr untergeordneter Menge in der Hefe noch sehr zahlreiche Pflanzenformen niederer Art vor — und gilt dies ganz besonders von solchen Flüssigkeiten, welche durch sogenannte Selbstgährung vergohren haben — d. h. durch Fermente, welche nicht absichtlich der zu vergährenden Flüssigkeit zugefügt werden — wie Wein — Fruchtsäfte im allgemeinen und selbstgährige Biere. Bei aufmerksamer mikroskopischer Untersuchung findet man in der Hefe solcher Flüssigkeiten neben den Alkoholfermenten regelmäßig zahlreiche fremde Organismen vor — die auf die Gährungsprodukte einen nicht zu unterschätzenden Einfluß nehmen.

Wenn wir daher den Begriff „Hefe“, als identisch mit jenem: Gährungs-

erreger auffassen — so soll strenge genommen damit nichts anderes ausgedrückt werden, als daß sich in der Masse Fermentorganismen in lebendem Zustande vorfinden und im engeren Sinne solche Organismen, welche Alkoholgährung veranlassen; die Art dieser Organismen muß erst von Fall zu Fall festgestellt werden. Man kann den Begriff des Ausdruckes „Hefe" als Gährungserreger etwas näher präcisiren, wenn man von Ober-, Unter-, Haupt- und Nachgährungshefe spricht, oder direct den Namen des Hauptproduktes der Gährung nennt, z. B. von einer Essig-Milchsäurehefe u. s. w. redet.

Wie oben erwähnt, finden sich in der Hefe neben den Gährungsorganismen noch mancherlei Produkte vor, welche sich in Folge der durch die Gährung geänderten chemischen Beschaffenheit der Flüssigkeit aus letzterer abscheiden, und hängen diese Produkte ganz von der Beschaffenheit der ursprünglich vorhandenen Flüssigkeit ab. Die Bierhefe enthält z. B. neben unlöslich gewordenen Eiweißstoffen noch Körper, die dem Hopfen entstammen; die Weinhefe enthält große Mengen von kleinen Krystallen des sogenannten Weinsteines neben Eiweißkörpern, und ist selbst die Beschaffenheit dieser Körper von dem Gährungsstadium abhängig. Während z. B. die Weinhefe, welche sich während der Hauptgährung abscheidet, viel weinsauren Kalk enthält, ist die Menge desselben in der Nachgährungshefe eine sehr geringe, und bestehen die in letzerer enthaltenen Krystalle vorzugsweise aus saurem weinsaurem Kali — ein Verhältniß, welches sich aus der verschiedenen Löslichkeit der genannten Salze in gährendem Traubenmoste erklärt.

Außerdem finden sich in jeder Hefe noch Körper vor, welche eine Färbung derselben bewirken; am deutlichsten tritt diese Färbung bei der aus Rothweinmosten abgeschiedenen Hefe hervor — welche große Mengen von Rothweinfarbstoff oder Verbindungen desselben enthält. Aber selbst von diesem besonderen Falle abgesehen, zeigt bekanntlich jede, auch aus farbstofffreien Flüssigkeiten abgeschiedene Hefe eine, wenn auch schwache bräunliche Färbung; wahrscheinlich sind es sehr geringe Mengen sogenannter Huminkörper, welche die Ursache dieser Färbung sind.

Endlich kommen noch in jeder Hefe Körper vor, welche durch den Gährungsvorgang entstehen und in der Flüssigkeit nur wenig löslich sind, sich daher mit der Hefe aus letzterer abscheiden; es sind dies meistens Körper, welche sich dem Geruchssinne so merklich machen, daß man bei einiger Uebung schon aus dem Geruche der frischen Hefe deren Herkunft beurtheilen kann; bekanntlich riecht Bierhefe anders als Branntweinhefe und ist der Geruch letzterer wieder ganz verschieden von jenem der Weinhefe oder der Fruchthefe. Die „Hefe" im weitesten Sinne des Wortes besteht somit aus verschiedenen Organismen, Ausscheidungen aus der gährenden Flüssigkeit und schließlich aus Produkten der Gährung selbst; sie stellt somit eine Masse von höchst complicirter Zusammensetzung dar.

Im letzteren Sinne genommen, ist die Hefe ein technisch sehr wichtiger Körper, der aber auch für die wissenschaftliche Untersuchung von großer Bedeutung ist, indem wir aus der Zusammensetzung desselben oft werthvolle Anhaltspunkte über besondere Gährungsvorgänge gewinnen — ohne daß wir — wie sich aus Vorstehendem von selbst ergibt, den Namen „Hefe" auf bestimmte Gährungs-

organismen anwenden sollten. Wenn dies dennoch der Kürze des Ausdruckes wegen geschieht, so muß jeder Zweifel über die Bedeutung desselben beseitigt sein. Wenn wir von der Hefe im Allgemeinen sprechen, müssen wir immer unter dem Ausdrucke die Gesammtheit der aus gährenden Flüssigkeiten abgeschiedenen Massen verstehen; wenn wir im Nachstehenden von den chemischen Untersuchungen über die Hefe, oder den physiologischen Verhältnissen derselben sprechen, so ist damit schon eine zwar ganz bestimmte Pflanzenspecies, welche Alkoholgährung veranlaßt, gemeint.

Die Zusammensetzung der Hefeorganismen.

Es ist als eine selbstverständliche Consequenz zu betrachten, daß sich die Aufmerksamkeit der Chemiker sofort auf die chemische Beschaffenheit der Hefe zuwendete, sobald man zur Erkenntniß gelangte, daß die Organismen derselben mit dem Gährungsvorgange in Beziehung stehen. — Obwohl schon frühzeitig die Hefe der Gegenstand chemischer Untersuchungen war (so arbeiteten z. B. Braconnet und Quevenne über diesen Gegenstand), fanden sich doch die Chemiker durch die lange Zeit hindurch herrschende Gährungstheorie nicht sonderlich angeregt, sich der mühevollen Untersuchungen über die Zusammensetzung der Hefe zu unterziehen. — Der Liebig'schen Ansicht zufolge war die Hefe nichts anderes, als ein zerfallender (faulender) stickstoffhaltiger Körper, der in beständiger Veränderung begriffen, jeden Augenblick eine andere Zusammensetzung haben muß. Von diesem Standpunkte aus betrachtet, ließ sich aus der chemischen Untersuchung der Gährungsorganismen kein für die Erklärung des Gährungsvorganges ersprießliches Resultat erwarten.

Erst als man anfing, den in gährenden Flüssigkeiten vorkommenden Organismen größere Aufmerksamkeit zuzuwenden, begannen sich auch die Chemiker lebhafter für dieselben zu interessiren und fanden zu verschiedenen Zeiten Veröffentlichungen über die Zusammensetzung dieser Organismen statt. — Entsprechend der Auffassung, nach welcher „das Ferment" eine im Zerfall begriffene chemische Verbindung sein soll, sind es hauptsächlich sogenannte Elementaranalysen, welche von der Hefe gemacht wurden; man begnügte sich, die Percentmenge der einzelnen in der Hefe aufgefundenen Elemente festzustellen und haben an diesen Arbeiten sehr bedeutende Chemiker (Mitscherlich, Mulder, Schloßberger u. A.) wesentlichen Antheil.

Es bedurfte des allseitigen Sieges der neuen Gährungstheorie, nach welcher zwischen dem Lebensprozeß der Gährungsorganismen und den in den gährenden Flüssigkeiten enthaltenen Verbindungen die innigsten Beziehungen herrschen, um den Beweis zu liefern, daß Elementar-Analysen von Organismen nur einen sehr untergeordneten Werth besitzen, daß vielmehr die Analysen auf die Weise angestellt werden müssen, daß man sich bestrebt, die Verbindungen, aus welchen der Leib der Gährungsorganismen besteht, zu isoliren. Auch in dieser Richtung liegen gegenwärtig schon einzelne Untersuchungen vor, die aber — wie Jeder,

welcher sich mit dieser Frage eingehender beschäftigte, zugeben muß, zur Zeit noch höchst unvollkommen erscheinen. —

So einfach auch die Gährungsorganismen gebaut sind, so stellen sie dennoch lebende Wesen dar, welche sich ernähren und fortpflanzen. Beide Functionen bedingen aber die Bildung gewisser chemischer Verbindungen, und ist es die Aufgabe der Analytiker, diese Verbindungen zu isoliren. Besonders wichtig erscheint es aber, mit Rücksicht auf die endgültige Feststellung der Gährungstheorie, jene Verbindung oder jene Verbindungen zu isoliren, welche die eigentliche Veranlassung des Zerfallens (Vergährens) bestimmter Körper sind. Auch in dieser Richtung liegen interessante Arbeiten vor; mit der vollständigen Lösung der letztgenannten Frage haben wir dann auch jene Grenze erreicht, an welcher sich die einander bekämpfenden Gährungstheorien — die chemische und die physiologische — begegnen und an der auch die Brücke liegen muß, welche zur Erklärung jener Erscheinungen führt, die wir wegen der unbestreitbaren Aehnlichkeit, welche sie mit den als Gährungen im eigentlichen Sinne des Wortes bezeichneten Vorgängen haben, als gährungsähnliche Erscheinungen, bedingt durch chemische Verbindungen (chemische Fermente) benennen können.

Alle Untersuchungen, welche wir bis zur Zeit kennen, haben auf Alkoholfermente Bezug und zwar ganz besonders auf jene, welche wir in der Bier- und Branntweinhefe finden; über die Organismen der Weinhefe liegen nur wenige Daten vor. — Wie wir aber in dem vorhergehenden Abschnitte auseinandergesetzt haben, ist der Begriff Alkoholferment als ein sehr weiter aufzufassen, indem nicht nur verschiedene Species einer Pflanzenart als solches zu wirken vermögen, sondern auch Pflanzen, welche verschiedenen, von einander weitabstehenden Familien angehören, Alkoholfermente sind.

Wenn wir nun auch von den letztgenannten Unterschieden ganz absehen und nur die eigentlichen Alkoholfermente betrachten, so scheint es uns höchst wahrscheinlich zu sein, daß den verschiedenen Pflanzen auch verschiedene Zusammensetzung zukomme und die Analysen über die Alkoholfermente nur dann einen wirklichen Werth erlangen können, wenn sie mit botanisch genau bestimmten Individuen angestellt werden. Die bis nun vorliegenden, nur auf die percentische Zusammensetzung der Alkoholfermente Bezug nehmenden Analysen vermögen schon die Bestätigung für die Richtigkeit unserer Anschauung zu geben.

Unterhefe und Oberhefe bestehen nach der jetzigen Anschauung nur aus zwei Varietäten einer und derselben Pflanzenspecies, Saccharomyces cerevisiae. Der botanische Unterschied ist demnach bei beiden so gering, daß er nicht mehr geringer gedacht werden kann. Trotzdem finden wir in der percentischen Zusamsammensetzung beider Hefegattungen so merkliche Unterschiede — und zwar nach den Angaben verschiedener Analylitiker, daß wir diese Unterschiede nicht mehr durch Beobachtungsfehler, sondern nur durch die Zusammensetzung der verschiedenen Hefearten selbst bedingt, annehmen können.

Wenn nun diese Unterschiede schon zwischen Ober- und Unterhefe merkbare sind, so läßt sich wohl schließen, daß sie bei den anderen Species der Alkoholfermente noch viel größere sein werden, daß z. B. Saccharomyces apiculatus

eine ganz andere Zusammensetzung haben wird, als Saccharomyces cerevisiae, wieder eine andere als Saccharomyces ellypsoideus u. s. w. Es bedarf freilich noch langer Arbeit, um die hier angedeuteten Untersuchungen durchzuführen — dieselbe wird aber gewiß für die Lehre vom Chemismus der Gährungsorganismen und für die Physiologie derselben eine höchst lohnende sein; wir brauchen nicht erst beizufügen, daß sie überhaupt von höchster Wichtigkeit für die allgemeine Physiologie sein wird, weil wir gerade in den Gährungsorganismen Wesen vor uns haben, deren Körperbau ein höchst einfacher ist, und dem einfachen Bau wahrscheinlicherweise auch einfachere Functionen entsprechen. Die Physiologen sind darin einig, daß ihre Hauptaufgabe gegenwärtig noch in der Erforschung des Wesens der Zelle zu suchen sei; in den Gährungsorganismen haben wir aber einzellige Lebewesen vor uns, deren Lebensproceß nicht in Wechselbeziehung mit anders organisirten Zellen steht, wie dies bei den höheren Pflanzen der Fall ist. Gerade aber diese Einfachheit des Körperbaues der Gährungsorganismen erleichtert das Studium derselben für Chemiker und Physiologen in außerordentlicher Weise.

Wie schon oben angedeutet, beziehen sich alle chemischen Untersuchungen, welche wir auf diesem Gebiete kennen, fast ausschließlich auf die Fermente der Alkoholgährung; über die anderen, selbst technisch wichtigen Fermente, wie z. B. über jenes der Essiggährung, der Milchsäuregährung, sind wir beinahe noch in völliger Unwissenheit. Wir beginnen die Darstellung der chemischen Verhältnisse der Alkoholfermente zuerst mit jenen Arbeiten, welche blos auf in der Hefe*) überhaupt vorhandenen Körper und deren percentisches Verhältniß Bezug haben.

In qualitativer Beziehung fand man in der Hefe jene Elemente, welche man in allen organisirten Wesen antrifft: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel und Mineralbestandtheile (die sogenannten Aschensalze). Die bisher bekannten Analysen stimmen ziemlich genau mit einander überein, so daß wir sagen können, die Frage über die qualitative Zusammensetzung der Hefe und zwar der Bierhefe — denn zur Zeit, aus welcher diese Arbeiten stammen, wußte man noch nichts von der Existenz verschiedener Hefegattungen — sei nahezu vollkommen gelöst. Es war hauptsächlich Mitscherlich, dem wir bekanntlich auch die ersten näheren Angaben über das Wachsthum der Hefeorganismen verdanken, welcher sehr genaue Analysen über die Zusammensetzung der Hefe lieferte; neben diesem Gelehrten hat sich noch in ganz vorzüglicher Weise Schloßberger mit derartigen Untersuchungen beschäftigt und ist nicht blos bei der genaueren Bestimmung der in der Hefe enthaltenen Elemente stehen geblieben,

*) Der Ausdruck „Hefe" an Stelle des Wortes „Alkoholferment" stammt noch aus jener Zeit, in welcher man auf die Organisation der Fermente keine Rücksicht nahm und bedeutet „Hefe" eigentlich die Gesammtheit aller festen Körper, welche sich aus einer gährenden Flüssigkeit abscheiden. Die Ausdrücke Hefe und Ferment dürfen daher nicht identificirt werden und gebrauchen wir ersteren hier nur der Kürze wegen (vergleiche Seite 112 u. ff.).

sondern stellte auch hochwichtige Versuche in der Richtung an, die in der Hefe enthaltenen specifischen Verbindungen zu isoliren. Neben den Genannten betheiligten sich noch Mulder, Wagner, Dumas, Schützenberger, kurz beinahe Alle, welche das Gebiet der Gährungerscheinungen bearbeiten, an den Untersuchungen über die chemische Natur der Hefe; auch Liebig darf hier nicht vergessen werden, weil er aus der Zusammensetzung der Hefe eine Stütze seiner Ansichten über das Wesen der Gährung zu finden glaubte. Die nachstehenden Analysen haben immer auf möglichst gereinigte Hefe, das ist auf solche Bezug, die neben den Organismen so wenig fremde Stoffe als möglich enthielt. Die Reinigung wurde durch Abschlämmen der Organismen vorgenommen.

Mitscherlich fand in Oberhefe:

Kohlenstoff	47,0
Wasserstoff	6,6
Stickstoff	10,0
Schwefel	0,6
Sauerstoff	35,8
	100,0

Nach Schloßberger's Untersuchungen, welche sich sowohl auf Oberhefe als auf Unterhefe erstreckten, kommt denselben folgende Zusammensetzung zu:

	Oberhefe	Unterhefe
Kohlenstoff . . .	50,05—49,84	48,03—47,93
Wasserstoff . . .	6,52— 6,70	6,25— 6,69
Stickstoff	11,84—12,44	9,80— 9,77
Sauerstoff . . .	31,59—31,02	35,92—35,61
	100,00 100,00	100,00 100,00

Die mittleren von Schloßberger gefundenen Durchschnittszahlen seiner Analysen sind nach Abrechnung der Asche die nachstehenden:

	Oberhefe	Unterhefe
Kohlenstoff	49,9	48,0
Wasserstoff	6,6	6,5
Stickstoff	12,1—11,6*)	9,8
Sauerstoff	31,4	35,7
Asche	2,5	3,5

Nach Wagner finden sich in:

	Oberhefe	Unterhefe
Kohlenstoff	49,8	44,4
Wasserstoff	6,8	6,0
Stickstoff	9,2	9,2
Schwefel, Sauerstoff	34,2	35,8
	100,0	100,0

*) Bei einer anderen Analyse gefunden.

Duma's Analyse ergab:

Kohlenstoff	50,6
Wasserstoff	7,3
Stickstoff	15,0
Sauerstoff, Schwefel, Phosphor	27,1
	100,0

Nach einer aus älterer Zeit stammenden Analyse von Marcet enthält die Hefe:

Kohlenstoff	30,5
Wasserstoff	4,5
Stickstoff	7,6
Sauerstoff und Salze	57,4
	100,0

Die eben angegebene Analyse ist offenbar eine unvollkommene; merkwürdiger Weise nähert sie sich aber ziemlich jenen, welche von Reichenbach für Liebig ausgeführt wurden. Reichenbach fand:

Kohlenstoff	34,6
Wasserstoff	?
Stickstoff	7,4
Schwefel	0,6
Sauerstoff und Asche	?

Die Analysen Marcet's und Reichenbach's differiren ganz besonders in Bezug auf den Stickstoffgehalt und den Kohlenstoffgehalt der Hefe von den übrigen und erscheint es uns aus diesem Grunde ziemlich wahrscheinlich, daß beide Analytiker keine lebende, sondern eine schon stark in Zersetzung übergegangene Hefe in Arbeit genommen haben; die außerordentlichen Unterschiede in Bezug auf die Mengen von Kohlenstoff und Stickstoff, welche sich im Vergleiche mit den unter einander gut stimmenden Untersuchungen anderer Chemiker zeigen, lassen kaum eine andere Annahme zu.

Mulder, der um die Gährungschemie so hoch verdiente Forscher, — seine Werke über die Chemie des Weines und des Bieres besitzen noch heute einen hohen Werth — beschäftigte sich in sehr eingehender Weise mit der Hefe; seine Elementaranalysen ergaben in:

Oberhefe.

Kohlenstoff	50,8
Wasserstoff	7,2
Stickstoff	11,1
Sauerstoff, Schwefel	?

Die Asche, welche in bedeutenden Menge in der Hefe vorkommt, wurde von mehreren Chemikern analysirt; ehe wir auf diese Analysen selbst übergehen,

wollen wir eine summarische Zusammenstellung der überhaupt in der Hefe gefundenen Mengen der Aschensalze geben; es fanden:

in Oberhefe		
Wagner und Schloßberger	2,8	pCt. Asche
Bull	8,9	„ „
Mitscherlich	7,7	„ „
in Unterhefe		
Schloßberger	3,5 bis 4,0	„ „
Wagner	5,3	„ „
Mitscherlich	7,5	„ „

Mit Berücksichtigung der Schärfe der Methoden, welche uns bezüglich der Bestimmung des Aschengehaltes organischer Substanzen zu Gebote stehen, können wir uns die außerordentlich großen Unterschiede in dem Gehalte der Hefe an Aschensalzen nur dadurch erklären, daß die Hefe von den einzelnen Analytikern verschieden lang ausgewaschen wurde und namentlich jene Hefe, welche die geringsten Aschenmengen ergab, schon ziemlich stark in Zersetzung übergegangen sein mußte.

Die quantitative Analyse der Hefeasche ist namentlich von Mitscherlich unter Beobachtung aller Vorsichtsmaßregeln durchgeführt worden. Nach Mitscherlich's Arbeiten enthält die Asche von

	Oberhefe	Unterhefe
Phosphorsäure	53,9	59,9
Kali	39,8	28,3
Natron	—	—
Magnesia	6,0	8,1
Kalk	1,0	4,3
Kieselsäure	Spuren	—
	100,7	100,1

Die große Menge von Phosphorsäure, welche in der Hefeasche enthalten ist, muß offenbar an die Basen gebunden sein und stellen sich die vorstehenden Analysen, nach dieser Annahme berechnet, folgender Maßen:

Die Asche von	Oberhefe ...	Unterhefe enthält:
Phosphorsäure gebunden an	41,8	39,5
Kali	39,8	28,3
Phosphorsaure Magnesia	16,8	22,6
Phosphorsaurer Kalk	2,3	9,7
	100,7	100,1

Die Analysen von Mitscherlich haben für uns, obwohl dieselben schon vor längerer Zeit ausgeführt wurden, aus dem Grunde bedeutenden Werth, weil sie das Ergebniß einer zusammenhängenden von einem einzigen Chemiker ausgeführten Arbeit sind und sich in dieser Beziehung nur noch mit den Untersuchungen Schloßberger's in eine Parallele stellen lassen. Von anderen Analysen über

Hefeaschen mögen hier noch jene von Bull, Liebig und Béchamp eine Stelle finden. Es fanden:

	Bull in Asche von Oberhefe aus Weißbier	Liebig bei zwei Analysen	
Phosphorsäure	54,7	44,7—48,5	
Kali	35,2	29,1—30,6	
Natron	0,5	2,5 —	
Magnesia	4,1	4,1— 4,2	
Kalk	4,5	2,4— 2,1	
Eisenoxyd	0,6	2,12	
Chlorwasserstoff . .	0,1		
Kieselsäure	—	14,4	
	99,7	99,32	85,4

Besonders beachtenswerth erscheinen uns diese Analysen im Vergleiche mit jenen Mitscherlich's durch die Trennung des Natrons von dem Kali und die große Menge von Kieselsäure, welche Liebig in einer der untersuchten Proben nachweisen konnte.

Béchamp fand in Bierhefeasche (ob von Ober- oder Unterhefe ist unbestimmt) folgende Körper:

Phosporsäure	53,7
Kali	28,6
Natron	1,4
Magnesia	5,2
Kalk	2,4
Eisenoxyd	5,0
Schwefelsäure	5,7
	102,0

Die vorstehenden Analysen zeigen, daß Phosphorsäure und Kali die Hauptmenge der Hefeasche ausmachen, somit bei den niederstehenden Organismen der Hefe in Bezug auf den Bedarf an Aschensalzen beinahe das gleiche Verhältniß herrscht, wie bei den höchsten Organismen. Neben diesen beiden Verbindungen sind noch Magnesia und Kalk die wesentlichsten Bestandtheile der Hefe, — Eisenoxyd ist in sehr geringen Mengen vorhanden — ob Manganoxyd — dieser fast immer anzutreffende Begleiter des Eisens, in der Hefe ebenfalls vorkommt, ist noch nicht festgestellt worden. Sehr auffällig ist der nach einer Analyse 14,4 Percent betragende Kieselsäuregehalt der Hefenasche, welcher aber in dem vorliegenden Falle wohl nur einer zufälligen Verunreinigung durch Quarzsand zuzuschreiben ist, denn ein solcher Reichthum an Kieselsäure wäre gewiß den geübten Chemikern, welche sich mit der Analyse der Hefenasche beschäftigten, nicht entgangen.

Wenn wir auf die quantitative Zusammensetzung der Hefe selbst einen Blick werfen, so fällt uns ganz besonders der ungemein hohe Stickstoffgehalt derselben auf, welcher höher ist als der anderer Pflanzen und selbst unter den mit der Hefe in eine Familie (Pilze) gehörenden Organismen ein weit geringerer ist; die Hefe enthält

nach den vorstehend angeführten Analysen im Mittel 10,489 Percente Stickstoff*), während andere Pilze folgende Stickstoffmengen enthalten:

Schwarze Trüffel	1,350	Percent	(Payen)**)
Weiße Trüffel	1,532	„	„
Cantharellus	3,200	„	(Schloßberger u. Doepping)
Russula	4,200	„	„ „
Agaricus campestris	7,260	„	„ „
(im Beete erzogen)	7,330	„	(Payen)

Nachdem einmal die Elemetarzusammensetzung der Hefe festgestellt war, wendeten sich die Chemiker mit Eifer jenem Theil der Untersuchung dieser interessanten Pflanze zu, welcher bezweckt, die in der Hefe vorhandenen eigenthümlichen Verbindungen zu isoliren, und mußten diese Untersuchungen ein um so größeres Interesse darbieten, als von dem Ergebnisse derselben die Entscheidung darüber abhängt, ob man den Gährungsvorgang als einen rein physiologischen oder als einen chemischen Proceß aufzunehmen habe.

Schon bei der Elementar-Analyse der Hefe stellen sich dem Analytiker Hindernisse entgegen, welche nur schwierig zu umgehen sind und jedenfalls Einfluß auf die gefundenen Zahlen nehmen. Wenn man nämlich versucht, durch möglichst rasches Waschen der Hefe mit Eiswasser die fremden, den Organismen beigemengten Körper von diesen zu trennen, so läßt sich doch nicht vermeiden, daß nicht eine Wechselwirkung zwischen dem Inhalte der Zellen und dem Wasser stattfinde, ersterer geht theilweise in das Wasser über und tritt eine gewisse Menge des letzteren in die Zellen — so daß hierdurch stets eine — wenn auch geringe Aenderung in der Zusammensetzung der Hefe erfolgen muß.

Weit bedeutender sind aber die Hemmnisse, welche sich der Trennung der einzelnen in der Hefe enthaltenen Verbindungen entgegen setzen; die Hefe ist eben ein lebendes Wesen und als solches einem ununterbrochenen Stoffwechsel unterworfen — wird somit, wenn man eine Partie von Hefe in zwei Theile theilt und dieselbe zu verschiedenen Zeiten der Analyse unterwirft, sehr verschiedenartige Resultate liefern. Zudem kommt noch, daß die Hauptmasse jener Verbindungen, welche wir in der Hefe antreffen, zu jenen Körpern gehört, die man als Eiweißstoffe oder Proteïnate bezeichnet, das ist zu den veränderlichsten Verbindungen, welche die organische Chemie kennt.

Aus diesen Verhältnissen ergiebt sich von selbst die Erklärung der Thatsache, daß wir in Bezug auf die Kenntniß der Verbindungen, welche in der Hefe vorkommen, noch viel weiter zurück sind, als in Bezug auf die elementare Zusammensetzung derselben. Wenn man vorerst versuchte, die in der Hefe enthaltenen

*) Das Minimum an Stickstoff mit 7,4 Percent findet sich in der Analyse Reichenbach's, das Maximum in jener von Dumas mit 15,0 Percent. Nachdem alle anderen Analysen einen bedeutend höheren Stickstoffgehalt der Hefe aufweisen, als ihn Reichenbach fand, läßt sich wohl annehmen, daß Reichenbach seine Analyse mit einer schon stark veränderten Hefe vornahm.

**) auf die Trockensubstanz berechnet (vergleiche Schützenberger: Die Gährungserscheinungen).

Verbindungen nach den morphologischen Verhältnissen dieser Pflanze zu trennen, so ergibt sich, daß wir drei verschiedene Gebilde vor uns haben müssen — die Hüllmembrane, den aus körniger Masse bestehenden Zellkörper und den in den Hohlräumen des letzteren (den Vacuolen) sich aussondernden Zellsaft — denn diese drei Körper lassen sich mit Sicherheit in jeder lebenden Hefezelle nachweisen. (Die Existenz von Zellkernen, welche von manchen Forschern angenommen wurde, hat in unserer Zeit keine Bestätigung gefunden.)

Wenn man eine Trennung der Stoffe, welche die Hefenzelle bilden, auf diesem Wege vorzunehmen versucht, so gelangt man nur theilweise zu einem entsprechenden Ergebnisse; — es ist zwar möglich, die Zellhülle von dem flüssigen Inhalte zu sondern, aber es ist kein Mittel bekannt, die dickflüssige Masse (das Protoplasma) von dem Zellsafte zu trennen.

Was die Substanz der Zellmembrane anlangt, stimmen die meisten diesbezüglichen Untersuchungen darin überein, daß dieselbe der Hauptsache nach aus demselben Körper bestehe, welchen wir auch als Hüllkörper der Zellen anderer Pflanzen vorfinden, nämlich aus Cellulose.*) Die Cellulosemengen, welche aber bei verschiedenen Analysen gefunden werden, sind ungemein variable und wechseln zwischen 18,5 und 30 Percenten vom Gesammtgewicht der Zellen. Bekanntlich ist aber die Cellulose einer jener Körper, welcher in die Gruppe der sogenannten Kohlehydrate gehört, und wissen wir, daß sich diese Körper mit Leichtigkeit in einander umsetzen können. — Besonders leicht geht die Cellulose in Zucker und Gummi über und erscheint die Annahme nicht unwahrscheinlich, daß sich dieser Vorgang in der lebenden Hefezelle selbst vollzieht, wenn man dieselbe auch nicht mehr von außen ernährt, indem sich die Hefezelle wie jedes lebende Wesen auch bei Mangel an Nahrungszufuhr eine Zeit lang aus sich selbst ernährt. Pasteur versuchte, die Menge der in frischer Hefe vorhandenen Cellulose auf die Weise zu bestimmen, daß er die Hefe mit verdünnter Schwefelsäure kochte, wodurch die Cellulose in Zucker übergeführt wurde, welcher dann in der Flüssigkeit bestimmt wurde; er erhielt nach diesem Verfahren 20 Percente Zucker, und dürfte dies annähernd der gleichen Menge von Cellulose entsprechen; Pasteur berechnete 18,5 Percent an reiner Cellulose — (Payen's Analyse über die Bestandtheile der Hefe gibt 22,37 Percente Cellulose an).

Eine eingehende Untersuchung über die Bestandtheile der Hefe liegt von Schloßberger vor. Er behandelte möglichst gereinigte Hefe mit schwacher Kalilauge, um die in derselben vorkommenden Proteïnate zu lösen und neutralisirte die von dem ungelöst gebliebenen Rückstand abfiltrirte Flüssigkeit mit Schwefel-

---

*) Zellhülle und Cellulose sind zwei Begriffe, welche wohl auseinander gehalten werden müssen — ersterer ist ein der Pflanzenanatomie, letzterer ein der Chemie angehörender Begriff. Die Zellhülle enthält Cellulose, besteht aber nicht ausschließlich aus solcher. — Uebrigens zeigt auch die Cellulose des Hefepilzes gewisse Unterschiede in ihrem chemischen Verhalten von jener, welche sich in höheren Pflanzen vorfindet — sie löst sich im Gegensatze zu dieser nicht in Kupferoxyd-Ammoniak und wird selbst von verdünnten Säuren leicht verändert, wie aus dem oben angegebenen Versuche Pasteur's erhellt.

säure, wodurch ein weißer flockiger Niederschlag entstand, welcher keine unverbrennlichen Bestandtheile enthielt und dessen Zusammensetzung aus zwei Analysen berechnet die nachstehende war:

Kohlenstoff	55,5
Wasserstoff	7,5
Stickstoff	13,9
Sauerstoff (berechnet)	23,1
	100,0

Nach Schützenberger scheint dieser Körper mit dem als Hemiproteïn benannten Eiweißkörper wenn nicht identisch, so doch nahe verwandt zu sein, indem die percentische Zusammensetzung beider ziemlich genau dieselbe ist und das Hemiproteïn ebenfalls in verdünnten Alkalien löslich und aus der Lösung durch Säuren fällbar ist.

Der nach der Behandlung mit Kalilauge hinterbleibende Rückstand wurde von Schloßberger möglichst vollständig mit verdünnter Essigsäure extrahirt und löst sich in dieser ein Körper, welcher in Bezug auf seine Zusammensetzung der Cellulose nahe steht; Schloßberger fand in demselben:

Kohlenstoff	44,9
Wasserstoff	6,7
Stickstoff	0,5 (als Verunreinigung?)
Sauerstoff (berechnet)	47,9
	100,0

Mulder behandelte frische Hefe in der Weise, daß er sie mit Essigsäure auszog und die Lösung mit kohlensaurem Ammon neutralisirte; der hierbei entstehende Niederschlag hatte die Zusammensetzung

Kohlenstoff	53,2
Wasserstoff	7,0
Stickstoff	16,0
Sauerstoff (berechnet)	23,8
	100,0

und nähert sich diese Zusammensetzung jener des Albumins.

Diese Untersuchungen weisen mit Sicherheit nach, daß die Hefe der Hauptsache nach neben den Aschenbestandtheilen aus Kohlehydraten (Cellulose, Gummi, Zucker u. s. w.) Proteïnaten, Eiweißkörpern (Hemiproteïn, Albumin) bestehe, und kann das Verhältniß zwischen diesen beiden Gruppen von Verbindungen annähernd in der Weise angenommen werden, daß etwa 40 Percent Kohlehydrate und 60 Percent Proteïnate vorhanden sind. — Eine vollständige Analyse der Hefe verdanken wir Payen, die aber an Ausführlichkeit bei weitem von der neuesten über diesen Gegenstand bekannt gewordenen Untersuchung Nägeli's übertroffen wird.

Nach Payen enthält die Hefe:

Stickstoffhaltige Substanzen . . .	62,73
Cellulose (Hüllen)	2,37
Fett	2,10
Animalische Substanz	5,80

Nägeli fand in untergähriger Hefe (Stickstoffgehalt 8 pCt.)

Cellulose und Pflanzenschleim der Zellhülle . . .	37 „
Albuminkörper	45 „
Peptone	2 „
Fett	5 „
Extrativstoffe { Leucin, Cholesterin, Dextrin, Glycerin, Bernsteinsäure }	4 „
Asche	7 „

Nägeli isolirte den Pflanzenschleim aus der Hefe durch längeres Kochen mit Wasser und fand die Zusammensetzung desselben:

Kohlenstoff	41,4
Wasserstoff	6,6
Sauerstoff (berechnet) . . .	52,0
	100,0

Die Analysen Nägeli's sind schon aus dem Grunde von der größten Bedeutung, weil sie das Vorhandensein von Gährungsproducten in der Hefe selbst mit Bestimmtheit nachweisen, ein Umstand, auf welchen wir noch eingehender zurückkommen müssen.

In dem Vorstehenden ist so ziemlich alles zusammengestellt, was wir über die lebende möglichst unverändert gebliebene Hefe wissen und bemerken wir, daß alle hier angeführten Analysen für solche Hefe Geltung haben, welche schon als Ferment gewirkt hatte; über die Zusammensetzung der Hefe, welche noch nicht zur Wirksamkeit gelangt ist, somit über jene der eben neugebildeten Zellen fehlt jeder Anhaltspunkt und dürfte es nach dem gegenwärtigen Stande der Experimentirkunst eine kaum zu lösende Frage sein, auf welche Art die jungen Individuen von den alten getrennt werden können.

Wenn wir vorläufig von den Umsetzungsproducten absehen, welche sich in der Hefe fort und fort bilden und die Zusammensetzung der Hefeorganismen in einem gegebenen Momente betrachten, das ist in jenem, in welchem die Hefe ihre vergährende Wirkung ausgeübt hat, aber noch in dem Zustande ist, daß sie in neue gährungsfähige Flüssigkeiten gebracht, diese sofort in Gährung zu versetzen und sich selbst zu vermehren vermag, können wir folgende Schlüsse ziehen:

Die Hüllen oder Membranen der Hefezelle bestehen der Hauptsache nach aus Cellulose eigener Art und kommen neben dieser außerdem noch verschiedene Kohlehydrate und Aschensalze vor; letztere bestehen der Hauptsache nach aus phosphorsaurem Kali*). Der Inhalt der Hefezellen des Protoplasma besteht aus Ver-

*) Nach mehreren Analysen, welche ich mit Weinhefe angestellt, bei welchen der Zellinhalt durch Extrahiren möglichst entfernt wurde, ergaben sich in der Asche der Zellhüllen immer 6—7 pCt. Kali und 2—3 pCt. Phosphorsäure; es scheinen demnach auch die Zellhüllen reich an Aschenbestandtheilen zu sein, obwohl die größte Menge derselben dem Zellinhalte zukommen dürfte. Der Verfasser.

bindungen, welche in Bezug auf ihre Zusammensetzung in die Gruppe der Eiweißkörper gehören und in Folge des Lebensprocesses der Hefe in steter Veränderung begriffen sind. Außer den Eiweißkörpern findet sich im Zellinhalte eine ganz ansehnliche Menge von Fett neben Aschenbestandtheilen und verschiedenen Rückbildungsproducten vor. Die Zusammensetzung des in den Hohlräumen oder Vacuolen enthaltenen Zellsaftes ist unbekannt.

Das hohe Ansehen, in welchem der Name Liebig's in der chemischen Welt stand, gereichte seiner Gährungstheorie zur gewaltigen Stütze; bekanntlich definirte Liebig den Begriff „Hefe" in der Weise, daß er sie als einen „im Zerfall begriffenen Eiweißkörper" hinstellte, welcher seine innere Bewegung auf andere Körper übertrage und dieselben vergähren mache. In Bezug auf diese Theorie mußte es begreiflicher Weise von hohem Interesse sein, die Zersetzungsproducte der Hefe genauer kennen zu lernen und rührt eine sehr eingehende Untersuchung über diesen Gegenstand von Alexander Müller her. Nach der jetzt herrschenden Anschauung über das Wesen der Gährung hat diese Untersuchung nur geringen Werth, denn sie bezieht sich auf Veränderung, welche die Hefepflanze nach ihrem Tode, also zu einer Zeit erleidet, in welcher sie nicht mehr im Stande ist, Gährung zu veranlassen, denn, so abweichend die Anschauungen über den Zeitpunkt, in welchem die Hefe vergährend wirkt, auch sein mögen, darin sind doch Chemiker und Physiologen ziemlich einig, daß diese Wirkung schon von der lebenden Hefe ausgeübt werden könne.

Nägeli's Untersuchungen über die chemische Beschaffenheit der Bierhefe.

Die Untersuchungen über die Zusammensetzung der Hefe, welche von Nägeli ausgeführt wurden, sind unter allen, welche bis jetzt bekannt wurden, die ausführlichsten. Die Aufgabe, deren Lösung sich Nägeli zuerst stellte, war die, die beiden Hauptbestandtheile der Hefe — die Zellhülle und den Zellinhalt — (das Plasma) möglichst vollkommen von einander zu trennen und beide gesondert der chemischen Untersuchung zu unterziehen. Es wurde zuerst Bierhefe mit Wasser behandelt, welches (zum Schutze gegen das Eintreten der Fäulniß) mit 1 Percent Phosphorsäure versetzt war; es zeigte sich, daß man auf diese Weise 37,4 Percent Trockensubstanz in Lösung bringen könne. Weit größer ist aber die Menge der in Wasser löslichen Stoffe, welche sich ergiebt, wenn man Hefe durch lange Zeit mit Wasser kocht und lassen sich hierbei beiläufig 50 Percente Trockensubstanz in Lösung überführen. Das Auskochen wurde in der Weise vorgenommen, daß die Hefe 20 Tage lang mit Wasser, welches 10 Male erneuert wurde, bei Siedhitze behandelt wurde.

Der auf die eine oder andere Art erhaltene wässerige Auszug der Hefe enthielt ein Kohlehydrat, welches seinem chemischen Verhalten dem Pflanzenschleim nahe steht, und welches man als Sproßpilzschleim bezeichnen kann. (Nägeli bezeichnet die Alkoholfermente mit Rücksicht auf ihre Vermehrung mit

dem Namen Sproßpilze.) Pilzcellulose und der eben genannte Körper machen zusammen beiläufig 37 Percente der Trockensubstanz der untergährigen Bierhefe aus. Dieser Pilzschleim rührt nicht aus dem Plasma der Hefe her, sondern ist ein Produkt der Membrane, welche die Zellen umhüllt — es ist aber wahrscheinlich, daß diese Verbindung in der lebenden Membrane nur in sehr geringen Mengen enthalten sei und erst in Folge einer Fermentwirkung aus der Zellmembrane gebildet werde.

Der Wassergehalt der Hefe bildete ebenfalls einen Theil der Untersuchungen Nägeli's; der Gesammtgehalt frischer Hefe an Wasser wurde mit 83 Percenten (gegen 17 Percenten Trockensubstanz) gefunden. Der Wassergehalt zwischen Membrane und Plasma steht in dem Verhältniß, daß auf das Plasma 86 und auf die Membrane 75 Percente kommen. Das Plasma enthält etwa sechsmal so viel Wasser als die Substanz und die Membrane dreimal so viel. Mit Bezug auf den Wassergehalt hat Nägeli auch die Dicke der Membrane der Hefezellen berechnet und ergab sich aus seiner Berechnung, daß — der Durchmesser der Hefezellen mit 0,01 mm angenommen, die Dicke der Membrane 0,00045 mm — somit etwa den 22. Theil des Zellendurchmessers beträgt.

Die Hefe, welche Nägeli zu dieser Untersuchung genommen hatte, war zufälliger Weise ziemlich arm an Stickstoff und enthielt an diesem Körper nur 7,5 bis 8 Percente; eine stickstoffreiche Hefe, welche nahezu 12 Percente Stickstoff enthält, zeigt aber einen bei 75 Percente betragenden Gehalt an Albuminaten und nur etwas mehr als 20 Percente an Cellulose und Pilzschleim. Legt man diese Verhältnisse der Berechnung zu Grunde, so ergibt sich die Dicke der Zellmembrane nur mit 0,0002 mm und kommt dies beiläufig dem 50. Theil des Zellendurchmessers gleich. Bezüglich seiner chemischen Zusammensetzung besteht der Inhalt der Hefezellen der Hauptsache nach aus stickstoffhaltigen Verbindungen — Kohlehydrate sind in demselben nicht enthalten und wurden nur sehr geringe Mengen einer Glycoseform nachgewiesen.

Das Plasma der Hefe besteht beinahe nur aus Albuminaten, neben welchen sich auch Peptone — aber nur in geringen Mengen — bis zu 2 Percent vorfinden. Ueberläßt man die Hefe durch längere Zeit mit angesäuertem Wasser sich selbst oder kocht man sie mit Wasser, so findet eine beinahe vollständige Umsetzung der Albuminate in Peptone statt und finden noch andere Umsetzungen statt, die noch nicht völlig studirt sind; die Flüssigkeit enthält aber noch Invertin, Leucin, Guanin, Xanthin und Sarkin, Bernsteinsäure, Glycerin, Traubenzucker und Cholesterin in Lösung.

Der Fettgehalt der Hefe wurde von Nägeli höher gefunden, als er nach den älteren Analysen sich erwies; Nägeli zerstörte nämlich bei der Fettbestimmung die Membranen der Zellen durch Kochen der Hefe mit Salzsäure, und gelang es auf diese Weise die Gesammtmenge von Fettsäuren, welche als Fett in dem Plasma enthalten sind, zu ermitteln. Aus den vorstehend angegebenen Untersuchungen der Bierhefe läßt sich die Zusammensetzung derselben durch folgende Zahlen ausdrücken:

100 Theile untergähriger Hefe mit 8 Percent Stickstoffgehalt enthalten:

Cellulose und Pfanzenschleim	37
Gewöhnliches Albumin	36
Leicht zersetzbares Glutin — Caseïnartiges Proteïn	9
Peptone (durch Bleiessig fällbar)	2
Fett	5
Asche	7
Extractivstoffe	4
	100

Nägeli unterwarf die Hefe auch einer Behandlung mit Weingeist, um die in dieser Flüssigkeit löslichen Körper zu gewinnen. Der durch Behandlung von 2,5 Kg Hefe mit 2 Litern 95 percentigem Alkohol erhaltene Auszug (zuletzt wurde die ganze Masse noch durch mehrere Stunden auf 60 bis 65 Grade erwärmt) ergab nach Entfernung des Fettes einen flockigen Niederschlag, der beiläufig 9 Percente von Trockengewicht der Hefe ausmachte; seinem Verhalten nach erwies sich dieser Körper als zu den Proteïnstoffen gehörig; von den anderen in der Hefe vorkommenden Albuminaten unterscheidet er sich besonders durch die Leichtigkeit, mit welcher er bei der Behandlung mit Alkalien Schwefelwasserstoff liefert.

Die Flüssigkeit, aus welcher sich dieser Körper abgeschieden hatte, ergab nach der Neutralisation mit Baryt, Fällung mit Bleiessig und Zerlegung des Bleiniederschlages eine bräunliche Masse, deren Geruch an jenen des Fleischextractes oder an Brotrinde erinnert, und welcher viel essigsaures Kali beigemengt war. Nach Beseitigung der Hauptmenge des Kalis durch Schwefelsäure und Alkohol wurde durch Zusatz von Aether-Alkohol aus der Flüssigkeit ein zäher syrupartiger Körper abgeschieden, welcher aus dem C-Peptone Meißner's bestand. Aus der Aether und Alkohol haltenden Flüssigkeit schied sich bei längerem Stehen Leucin als weißes Pulver ab. Die hinterbleibende Flüssigkeit enthielt Glycerin und einen braunen Körper, welcher wahrscheinlich einer Verbindung aus der Xanthingruppe angehört. Der zuerst durch Fällen mit Bleiessig erhaltene Niederschlag enthielt außer den genannten Körpern noch Bernsteinsäure.

Durch Behandeln der Hefe mit Aether und Versetzen des ätherischen Auszuges mit Alkohol ergaben sich zwei Flüssigkeitsschichten. Nachdem der Aether abdestillirt wurde, schied sich ein fettartiger Körper ab, der nach dem Verseifen und Ausschütteln mit Aether Krystalle von Cholesterin lieferte. Der auf die oben angegebene Art gewonnene Pilzschleim wurde auch auf sein chemisches Verhalten näher untersucht; derselbe scheidet sich aus heißer Lösung in Gestalt mikroskopischer Kugeln von ungleicher Größe aus, welche durch Jod eine braunrothe Färbung annehmen. Mit alkalischer Kupferlösung gibt der Hefeschleim einen käseartigen Niederschlag von hellblauer Farbe und stimmt hierdurch mit dem Dextrane überein; er unterscheidet sich aber von diesem durch das Drehungsvermögen, welches beim Dextran + 223 Grade, bei dem Pilzschleime aber nur + 78 Grade beträgt, sowie dadurch, daß er nicht direct durch Bleiessig gefällt wird — die Fällung erfolgt erst nach Zusatz von Kalilauge. Durch Behandeln mit Säuren geht der Pilzschleim nur langsam in Glycose über; Salpetersäure wandelt ihn zuerst in

eine neue Säure (Zuckersäure?) und später in Oxalsäure um — die Fehling'sche Lösung wird durch den Pilzschleim nur schwierig reducirt. Die Zusammensetzung des Pilzschleimes entspricht der Formel

$$C_{18} H_{34} O_{17} = 3 (C_6 H_{10} O_5) + 2 H_2 O.$$

In Hefe, welche mit Wasser und 1 Percent Phosphorsäure durch 13 Monate sich selbst überlassen war, wurde neben Kohlensäure und Alkohol noch Pilzschleim, das C-Pepton Meißner's und Leucin gefunden — möglicherweise ist auch Inosit vorhanden. Außerdem fanden sich A-Pepton und Guanin, sowie Xanthin und Sarkin vor.

Die Zersetzungsproducte, welche man in der Hefe aufgefunden hat, entsprechen so ziemlich jenen, die wir bei allen organischen Substanzen nachweisen können, welche mit Eiweißkörpern und Fetten in Beziehung stehen. Die eiweißartigen Substanzen geben bei der sogenannten freiwilligen Zersetzung ihren Stickstoffgehalt in Form von Ammoniak oder Ammoniakverbindungen ab. Die Proteïnstoffe der Hefe verhalten sich in gleicher Weise. Die Fette vermögen unter gewissen Umständen eine große Reihe von sogenannten fetten Säuren zu bilden und finden wir diese Säuren in großer Zahl in der gefaulten Hefe vor; es kann wohl kein Zweifel darüber walten, daß dieselben aus dem in der Hefe enthaltenen Fette gebildet werden. Man findet in gefaulter Hefe Buttersäure Capron-Caprylsäure und bei Untersuchungen von ganz frischer Hefe, wie mir eine noch nicht abgeschlossene Versuchsreihe den Beweis liefert, wahrscheinlich alle sogenannten Fettsäuren bis zur Ameisensäure hinunter.

Die Radikale dieser Säuren bilden mit den Bestandtheilen des Ammoniaks sogenannte Amine und finden sich demnach unter den Fäulnißproducten der Hefe Propyl-Butylamin u. s. w. vor. Ganz die gleichen Zersetzungsproducte lassen sich bei der Fäulniß anderer eiweißreicher Körper (des Käses, der Häringslacke u. s. w.) nachweisen — die Hefe zeigt daher in Bezug auf ihre Fäulnißproducte keine wesentlichen Unterschiede von anderen ähnlich zusammengesetzten Körpern.

Bei der Aufarbeitung sehr großer Massen völlig frischer Weinhefe, an welcher keine Spur von Fäulniß nachzuweisen war, habe ich alle hier angeführten Fettsäuren und auch eine Anzahl der in faulender Hefe gefundenen Amine nachgewiesen — und halte mich in Folge dessen zu dem Ausspruche berechtigt, daß alle diese Körper auch bei der normalen Lebensthätigkeit der Hefe entstehen können und auch entstehen und daß in ihnen der Schlüssel zur endgültigen Lösung der Frage über die allen gegohrenen Flüssigkeiten eigenthümlichen Riechstoffe liegt. —

Mit Bezug auf die Untersuchungen Alexander Müller's über die Fäulnißprodukte der Hefe ist noch ein Umstand hervorzuheben. Die bis nun vorliegenden Arbeiten über die Fäulniß tragen immer mehr und mehr zur Befestigung der Anschauung bei, daß auch dieser Vorgang ein ganz eigenthümlicher Gährungsact sei, bei welchem noch viel niedrigere Organismen als die Alkoholfermente sind (Spaltpilze?), eine Rolle spielen. Von diesem Gesichtspunkte aus betrachtet, läßt sich sagen, daß die todte Hefezelle oder vielmehr die chemischen Verbindungen, aus welchem sie besteht, durch die Wirkung der einfachst gebauten

Organismen vergährt werden und bei diesem Gährungsact in eine große Reihe einfacher zusammengesetzter Verbindungen zerfallen, von welchen nur noch einige (wie z. B. die Essigsäure) noch fähig sind, anderen Fermenten als Nahrung zu dienen. — Von dieser Seite betrachtet, erklärt sich leicht die Erscheinung, daß von der gänzlich zusammen gefaulten Hefe nur mehr eine Flüssigkeit übrig bleibt, welche gewisse chemische Verbindungen enthält und in der sich keine lebenden Organismen mehr vorfinden. Es können dies nur mehr solche Körper sein, welche keinem Fermente mehr als Nahrung dienen können.

Müller stellte seine Untersuchungen in der Weise an, daß er Hefe faulen ließ, die gefaulte Masse mit Wasser auszog und die Flüssigkeit mit Kalkhydrat versetzte; der so erhaltene Niederschlag wurde mit Schwefelsäure destillirt, und die in dem Destillate enthaltenen Körper von einander getrennt. Nach diesem Verfahren wurden die Säuren, welche sich bei der Fäulniß gebildet hatten, gewonnen. — Die Flüssigkeit, welche nach der Fällung der Hefejauche mit Kalk hinterblieb, gab das Material zur Ermittelung der Ammoniakverbindungen; die Destillationsprodukte wurden in Salzsäure geleitet und von einander getrennt. Wir lassen eine Zusammenstellung der von Müller gefundenen Verbindungen folgen und stellen neben diese jene Verbindungen, welche wir in frischer Weinhefe gefunden haben. Es wurden gewonnen:

aus gefaulter Bierhefe:	aus frischer Weinhefe:	
Ameisensäure (Spuren)	Spuren.	
Essigsäure (viel)	wenig.	
Buttersäure (viel)	sehr wenig	theils gebunden
Caprylsäure	viel	als Aether, theils
höher zusammengesetzte Fettsäuren . . .	Caprinsäure viel	in freiem Zustande
Milchsäure	nicht.	
Ammoniak	nicht.	
Amylamin, Trimethylamin*)	sehr wenig.	
Aethylamin (nicht mit Bestimmtheit), Caprylamin	nicht mit Bestimmtheit.	
Tyrosin	nicht.	
Leucin**)	?	
	Aethylalkohol — Amylalkohol.	

Wir sind mit Bezug auf unsere eigenen Untersuchungen und jene anderer der Ansicht, daß sich schon in der lebenden Hefe Produkte bilden, welche denen, die in der gefaulten vorkommen, nahestehen gewissermaßen als Auswurfsstoffe des Hefeorganismus betrachtet werden können, und sich auch in jeder lebenden Hefe sowie in den Flüssigkeiten vorfinden, welche durch die Thätigkeit der Hefe zur Vergährung gebracht wurden. Das Vorhandensein der Aether, der Fettsäuren und freier Fettsäuren im Weine, die Gegenwart von Methylamin in

*) Von Ludwig auch im Weine nachgewiesen.

**) Von Nägeli auch in lebender Hefe bestimmt.

demselben, sind Beweise für diesen Satz und dürften spätere Untersuchungen so ziemlich die Gegenwart aller hier angeführten Körper in den gegohrenen Flüssigkeiten — namentlich in solchen, welche eine längere Nachgährung durchmachen — feststellen. Diese Stoffe sind als echte Gährungsproducte — diesen Begriff in weiterem Sinne genommen — anzusehen und dürften im allgemeinen mit dem Namen Fuselöle bezeichnet werden; von den Fuselölen sind aber jene riechenden Körper wohl zu unterscheiden, die sich nach längerem Lagern gewisser gegohrenen Flüssigkeiten bilden und welche durch chemische Processe allein entstehen; diese Körper sind als eigentliche Bouquetstoffe zu bezeichnen; sie finden sich besonders in lange gelagertem Weine und auch in alten Branntweinen (Pflaumenbranntwein, Kirschwasser u. s. w.)

Wenn auch gegenwärtig unsere Kenntniß über die in der Hefe vorhandenen Verbindungen noch eine sehr eng begrenzte ist, so giebt sie uns doch schon die Mittel an die Hand, den mit dem Gährungsvorgange parallel laufenden Lebensprozeß der Hefe wenigstens in seinen allgemeinen Umrissen festzustellen und müssen diese Verbindungen daher bei der Erörterung der physiologischen Verhältnisse der Hefe wohl berücksichtigt werden.

V. Die Fermente in physiologischer Beziehung.

Die zahlreichen Untersuchungen über die botanische Natur der Ferment-Organismen, sowie über die chemische Zusammensetzung derselben wurden hauptsächlich zu dem Zwecke angestellt, um die Frage: Auf welche Weise vollzieht sich der Gährungsvorgang? aufzuklären. Eben so wie sich die Untersuchungen der Botaniker und Chemiker bis zur Gegenwart beinahe ausschließlich den technisch wichtigsten — der sogenannten Alkoholfermenten zuwendeten, beschränken sich die Arbeiten über die physiologischen Verhältnisse der Fermente gleichfalls auf jene Organismen, die sich in Flüssigkeiten finden, welche die alkoholische Gährung durchmachen und liegen in Bezug auf diese Gährungserscheinungen die verhältnißmäßig eingehendsten Arbeiten vor, welche aber doch noch vielfach der Ergänzung bedürfen, indem bis nun gerade über die wichtigsten Verhältnisse der Gährung die widersprechendsten Anschauungen vertreten sind.

Ueber jene Gährungsvorgänge, welche als Essigsäure- und Milchsäuregährung bezeichnet werden, sind zwar ebenfalls Untersuchungen von Seite verschiedener Gelehrter angestellt worden, die aber in ihrer Gesammtheit derartige sind, daß wir offen bekennen müssen, die physiologischen Verhältnisse der Fermente, welche diese Gährungserscheinungen hervorrufen, seien uns kaum erst in den rohesten Umrissen bekannt. In noch höherem Grade gilt dies von allen jenen Gährungserscheinungen, welche mitunter als Störungen eines absichtlich eingeleiteten Gährungsvorganges auftreten oder durch sogenannte „freiwillige Gährung" in Flüssigkeiten erscheinen, welche die betreffenden Fermente zu ernähren vermögen. Wir erwähnen hier blos gewisse Gährungsvorgänge, wie z. B. die Schleimgährung, jene Gährung, welche das Entstehen eines bitterschmeckenden Fermentes im Weine veranlaßt, die Weinsäure zerstört, die Fäulniß veranlaßt u. s. w. Wir wissen über diese Fermente kaum mehr, als wie sie aussehen — ihre botanische Stellung, ihre chemische Zusammensetzung, ihre Lebensbedingungen sind uns gegenwärtig fast noch völlig unbekannt.

Die Lösung der zahllosen Fragen, welche sich dem Forscher über das Wesen der durch diese Fermente veranlaßten Erscheinungen aufdrängen, muß der Zukunft überlassen bleiben; wir müssen hier uns an das halten, was wirklich auf dem

Wege des Versuches ermittelt wurde; die Aufstellung von Theorien, für welche nicht unmittelbar Beweise durch den Versuch herbeigeschafft werden können, ist in der Naturwissenschaft immer eine höchst bedenkliche Sache; sie wird aber für das Fortschreiten unserer Erfahrung zur größten Gefahr, wenn sie auf einem Wissensgebiet stattfindet, bei welchem sich der Untersuchung so außerordentlich große Schwierigkeiten entgegen setzen, wie dies bei den Gährungserscheinungen der Fall ist. — Wir haben aus der geschichtlichen Darstellung der Lehre von den Gährungserscheinungen gesehen, wie verhängnißvoll die Aufstellung gewisser durch den Versuch nicht genügend begründeter Theorien für das Fortschreiten unserer Kenntnisse über die Gährung geworden ist. Obschon durch die Untersuchungen Cagniard's und Schwann's die Mitwirkung von Organismen bei der alkoholischen Gährung scheinbar außer Zweifel gestellt war, bewirkte doch die Aufstellung einer falschen Theorie und der auf sie basirten nothwendiger Weise ebenfalls falschen Schlüsse einen viele Jahre lang andauernden Stillstand in der Entwickelung der ganzen Gährungsfrage, der so lange währte, bis die Macht der auf Grundlage von genauen Versuchen gefundenen Thatsachen jener Theorie die letzte Stütze nahm.

Um nicht wieder in einen, das Fortschreiten der Wissenschaft verzögernden Irrthum zu verfallen, bleibt gegenwärtig nichts anderes übrig, als nur jene Aussprüche verschiedener Forscher als richtig hinzustellen, welche durch unwiderlegbare Versuche begründet sind; alles andere muß aber streng in das Gebiet der Hypothese verwiesen werden und können nur neue Untersuchungen darüber entscheiden, ob der Hypothese eine Wahrheit zu Grunde liegt oder nicht. Von diesem Gesichtspunkte aus, welchen wir für den allein richtigen halten, müssen wir die ganze Frage betrachten und wenden uns zuerst jenen Untersuchungen, welche die am genauesten studirte unter allen Gährungserscheinungen betreffen, der Alkoholgährung zu.

Die physiologischen Verhältnisse der Alkoholgährungsfermente.

Jeder Gährungsvorgang setzt das Vorhandensein zweier Factoren voraus: einer gährungsfähigen Flüssigkeit und eines organisirten lebenden Körpers, welchen wir als Hefe bezeichnen — denn nach dem jetzigen Stande unserer Kenntnisse sehen wir uns gezwungen, die Fermente als lebende Wesen zu betrachten, deren Lebensproceß in untrennbarem Zusammenhange mit dem Gährungsvorgange steht. — Die im vorstehenden Abschnitte zusammengestellten Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung der Fermente ergeben die Thatsache, daß die Fermente aus stickstoffhaltigen und stickstofffreien organischen Verbindungen und aus Aschensalzen bestehen, ihnen somit jene Zusammensetzung zukommt, welche wir allen Organismen, den höchststehenden, wie den einfachst gebauten zuschreiben müssen. — Wir sehen nun, daß sich die Fermentorganismen bei normalem Gährungsverlaufe in der gährenden Flüssigkeit vermehren und ergiebt sich hieraus nothwendiger Weise die Folgerung, daß diese Vermehrung nur auf die Art stattfinden könne, daß das Ferment aus der Flüssigkeit, in welcher es lebt,

jene Körper aufnimmt, deren es zum Aufbau seines Leibes und zur Stoffproduktion, welche für die Vermehrung nothwendig ist, bedarf.

Es kann demnach kein Zweifel darüber walten, daß Gährung in normaler Weise nur in solchen Flüssigkeiten vor sich gehen kann, welche dem Fermente alle jene Körper zu liefern vermögen, die zu seiner Ernährung nothwendig sind. Eine Flüssigkeit, welche vollständig vergähren soll, muß demnach sowohl stickstofffreie als stickstoffhaltige Körper, so wie die erforderlichen Aschensalze enthalten — eine Thatsache, welche durch genaue Versuche festgestellt wurde. — Eine Lösung von reinem Zucker in Wasser ist demnach nicht geeignet, in Gährung überzugehen, das Ferment stirbt in derselben in kurzer Zeit ab, es verhungert. Die Form, in welcher die Nahrungsstoffe vorhanden sind, ist aber bei den Fermenten eben so maßgebend, wie bei höheren Organismen; dieselben vermögen nicht unbedingt jede stickstofffreie und jede stickstoffhaltige Substanz in Bestandtheile ihres Leibes umzuwandeln, sondern zeigen dieselben in diesem Punkte eine mindestens eben so große Empfindlichkeit als höhere Organismen, eine Thatsache, auf deren Wichtigkeit wir noch zurückkommen werden. — Es sei hier bemerkt, daß manche Versuche einen scheinbaren Widerspruch mit dem eben Gesagten ergeben; man hat die Beobachtung gemacht, daß es genüge, dem Alkoholfermente nur einen der zu seiner Ernährung nothwendigen Körper, z. B. reine Zuckerlösung zu bieten, und doch den Zucker vollständig vergähren zu machen. Der scheinbare Widerspruch, welcher in dieser Thatsache liegt, läßt sich aber leicht erklären. Es ist bei der Durchführung dieses Versuches immer nothwendig, eine gewisse größere Quantität von Alkoholferment (Hefe) in die Zuckerlösung zu bringen, um die Gährung zu Ende führen zu können. Nach beendeter Vergährung des Zuckers zeigt sich aber die Erscheinung, daß die Hefe nicht nur keine Gewichtsvermehrung erfahren, sondern vielmehr an Gewicht verloren habe und in immer neue Zuckerlösungen gebracht, dieselben schließlich nicht mehr vergähren mache. Bei einem normalen Gährungsvorgang kommt aber die Menge der zu der gährungsfähigen Flüssigkeit gesetzten Hefe gar nicht in Betracht; eine einzige Hefezelle würde genügen, um die Vergährung einer unbegrenzten Zuckermenge zu bewirken und müßte sich diese eine Zelle nach Vollendung der Gährung zu einer gewissen Gewichtsmenge von Hefezellen vermehrt haben.

Wie jeder Organismus ist auch die Hefe bemüht, unter ungünstigen Ernährungsverhältnissen ihr Leben zu erhalten; im vorliegenden Falle entnimmt sie die zu ihrem Leben erforderlichen Substanzen aus sich selbst, geht aber in Folge dessen nach einer gewissen Zeit zu Grunde und muß eine große Menge von Hefe angewendet werden, um eine gegebene Zuckermenge vergähren zu machen. Wir haben es daher in diesem Falle nicht mit einem normalen Gährungsprocesse, sondern mit einem in Folge unzureichender Nahrung bedingten langsamen Verhungern der Hefe zu thun und ist dieser Versuch eigentlich eine neue Bestätigung der Thatsache, daß sich der Gährungsvorgang in normaler Weise nur in solchen Flüssigkeiten vollziehen kann, welche der Hefe alle zu ihrer Ernährung nothwendigen Stoffe in passender Form zu bieten vermag.

Bevor wir zur Erörterung der wichtigen Frage über die Beschaffenheit der

von der Hefe zu ihrer richtigen Ernährung verlangten Stoffe übergehen, müssen wir uns mit der Besprechung der Anschauungen beschäftigen, welche über den eigentlichen Gährungsakt — die Wechselwirkung zwischen gährungsfähiger Flüssigkeit und dem Fermente, möglich sind und bieten sich in dieser Beziehung folgende Vorgänge dar:

Die Hefezelle besteht aus einer Membrane, der Zellhülle, welche den flüssigen Inhalt (das Protoplasma und den Zellsaft) umschließt. Wie allen Membranen kommt auch der Zellhülle der Hefe die Eigenschaft zu, Flüssigkeiten in das Innere der Zelle und aus dieser austreten zu lassen. Die gährungsfähige Flüssigkeit tritt demnach in das Innere der Hefezelle, die in der Flüssigkeit enthaltenen Nährstoffe werden von dem Organismus der Zelle aufgenommen, in die Bestandtheile des Zellenleibes umgeformt — im wahren Sinne des Wortes verdaut. Diese Zufuhr von Nahrung giebt sich alsbald durch das Wachsthum und die Vermehrung der Zellen kund; sprossende Hefezellen vermehren sich, ruhende Hefezellen (solche welche Ascosporen enthalten) entwickeln sich in der Weise, daß die Ascosporen zu Hefezellen heranwachsen, welche sich dann in normaler Weise durch Sprossung vermehren. Die Nahrungsaufnahme Seitens der Hefe aus der gährungsfähigen Flüssigkeit läßt sich durch die Gewichtszunahme der Hefe und die Verminderung der in der ursprünglichen Flüssigkeit enthaltenen Körper nachweisen.

Als lebendes Wesen unterliegt aber die Hefe den allgemeinen Gesetzen des Stoffwechsels — sie nimmt nicht blos aus der Nährflüssigkeit fortwährend Körper auf, welche sie zur Hervorbringung neuer Hefezellen verwendet, sondern es giebt jede Hefezelle auch beständig Körper an die sie umgebende Flüssigkeit ab und können diese Körper nur aus solchen Verbindungen bestehen, welche für den Organismus der Hefe nicht mehr anwendbar sind — und darum abgestoßen werden — sogenannte Auswurfsstoffe.

Nachdem sich eine Hefezelle bis zur Fortpflanzungsfähigkeit ausgebildet und eine gewisse Zahl von Nachkommen producirte, hat sie den Kreislauf ihres Lebens vollendet — sie stirbt ab. Es läßt sich aber kaum annehmen, daß die abgestorbene Hefezelle unverändert in der Flüssigkeit liegen bleibe, indem auch der Membrane der abgestorbenen Zelle die Fähigkeit zukommt, Flüssigkeiten aus der Zelle und in die Zelle treten zu lassen — so daß also auch nach dem Tode der Zelle so lange ein Austausch der in ihr enthaltenen Körper mit jenen der sie umgebenen Flüssigkeit statt haben kann, bis Gleichgewicht eingetreten. Wie aus dem Verhalten von Hefe hervorgeht, welche in Flüssigkeiten lagert, deren Vergährung sie bewirkte, zeichnet sich diese Pflanze durch große Lebenszähigkeit aus, indem sie fähig ist, noch nach langer Zeit, neuerdings in gährungsfähige Flüssigkeiten gebracht, die Vergährung derselben zu bewirken.

Die eben gegebene Darstellung der Ernährung und Vermehrung der Hefezellen in einer gährungsfähigen Flüssigkeit betrifft eben nur diese beiden Verhältnisse, giebt aber keine Anhaltspunkte über die vergährende Wirkung, welche die Hefe ausübt. Es bieten sich aber drei verschiedene Erklärungsarten für diesen Vorgang dar und bestehen dieselben in folgenden Sätzen:

1. Die Hefenzelle verzehrt die in der gährungsfähigen Flüssigkeit vorhandenen Stoffe und scheidet dafür als Auswurfsstoffe Alkohol und Kohlensäure neben anderen Producten ab.
2. Die Hefezelle verzehrt nur so viel von den in der gährungsfähigen Flüssigkeit enthaltenen Stoffen, als sie zu ihrer Ernährung und Vermehrung bedarf; unter ihren Auswurfsstoffen befindet sich eine (oder mehrere) Verbindung, der die Eigenschaft zukommt, den Zucker in die Gährungsprodukte zu zerlegen.
3. Die Hefezelle nährt sich von den vorhandenen Stoffen und nachdem sie eine bestimmte Zeit vegetirt hat, stirbt sie ab und bewirkt hierbei die Vergährung des Zuckers.

Nach der im ersten Satze gegebenen Erklärung des Gährungsvorganges ist derselbe ein rein physiologischer Act; jedes in der Flüssigkeit enthaltene Zuckertheilchen wird von der Hefezelle verzehrt; ein geringer Theil des Zuckers wird mit zum Aufbau neuer Hefezellen verwendet, der größte Theil derselben wird in Form von Verbindungen, welche für den Hefeorganismus nicht mehr brauchbar sind — Alkohol — Kohlensäure u. s. w. — wieder abgeschieden. Dieser Anschauung zufolge muß die Produktion neuer Hefe mit der Menge der entstandenen Gährungsprodukte in einem ganz bestimmten, festen Verhältnisse stehen. —

In der Anschauung, welche im zweiten Satze über den Gährungsvorgang ausgesprochen ist, finden wir eine rein chemische Erklärung des Gährungsactes; der Hefeorganismus sowie die Vermehrung desselben haben mit der Gährung gar nichts zu schaffen; die Hefe ist hier nur insofern von Bedeutung, als sie jenen Körper producirt, welcher als Ferment wirkt und den Zerfall des Zuckers veranlaßt. Wenn es gelingen sollte, diese Verbindung auf künstlichem Wege zu produciren, so könnte man eine Zuckerlösung durch einfachen Zusatz dieser Verbindung vergähren machen, ohne daß ein Organismus in der Flüssigkeit vorhanden ist. (Wir erwähnen hier schon, daß diese Erklärungsweise des Gährungsvorganges von Wichtigkeit ist, indem thatsächlich chemische Verbindungen, welche als Fermente wirken, bestehen*). In dieser Anschauungsweise über die Gährung liegt auch, wie wir kaum hervorzuheben brauchen, jener Punkt, in welchem sich die jetzige Gährungstheorie noch am meisten der Contacttheorie und den Anschauungen Liebig's über die Gährung nähert und mit der später darzulegenden Gährungstheorie Nägeli's in Beziehung steht.

Die dritte Erklärungsart, nach welcher die Hefe sich ernährt und vermehrt, aber erst beim Absterben die Vergährung veranlaßt, könnte als die pathologische bezeichnet werden, denn nach derselben ist es nicht die normale, vermehrungs-

*) Bekanntlich besitzt Schwefelsäure die Eigenschaft, Stärkemehl in Zucker überzuführen und scheint die Menge der Säure ohne alle Bedeutung für diesen Vorgang zu sein — offenbar ist dies eine Erscheinung, welche mit den allgemeinen chemischen Wirkungsgesetzen nicht in Einklang zu bringen ist und unmittelbar an die Gährungserscheinungen erinnert. In ähnlicher Weise müßte der aus dem Gährungsorganismus ausgeschiedene „Fermentkörper" auf den Zucker einwirken.

fähige Hefezelle, welche thätig ist, sondern sie wird erst in jenem Augenblicke angefangen zum Ferment, in welchem sie selbst zu zerfallen beginnt.

Die in den vorstehenden Sätzen gegebenen Erklärungsarten des Gährungsvorganges werden gegenwärtig von verschiedenen Forschern vertheidigt und bringt jeder derselben eine größere Zahl von Thatsachen in's Gefecht, welche als Stütze seiner Anschauung dienen sollen. — Wie leicht einzusehen, hat keine der in den vorstehenden Sätzen angeführten Erklärungsarten des Gährungsvorganges eine solche Form, daß hierdurch die Richtigkeit der jetzt herrschenden Ansicht in Frage gestellt würde. Wie wir schon hervorgehoben haben, läßt sich diese Ansicht in der Weise ausdrücken, daß man sagt: Gährung kann nur unter Mitwirkung von Organismen stattfinden. — Es ist nun vollkommen gleichgültig, ob diese Organismen den Zucker und die übrigen in der Nährflüssigkeit enthaltenen Nahrungsstoffe verzehren und Alkohol, Kohlensäure u. s. w. als Auswurfsstoffe abscheiden — ob sie aus der aufgenommenen Nahrung eine neue Verbindung bilden, welche, nachdem sie aus dem Organismus ausgetreten ist, vergährend wirkt — oder ob endlich die vergährendwirkende Eigenschaft von einem gewissen Lebensstadium der Zelle abhängig ist — immer und in allen Fällen ist die Gegenwart eines Organismus erforderlich und handelt es sich nur eigentlich um die Frage, ob derselbe direct oder indirect wirke.

Wenn wir die Gährungserscheinungen in ihren allgemeinen Umrissen betrachten und vorläufig von jenen absehen, welche durch solche Organismen bedingt werden, die wir als specifische Fermentorganismen zu bezeichnen haben, finden wir manche Erscheinungen, welche mit Bestimmtheit auf den einen oder den anderen Vorgang hinweisen und wollen wir in dieser Richtung ganz besonders zwei eclatante Beispiele hervorheben.

Es ist bekannt, daß in absolut unverletzten Früchten Gährungserscheinungen auftreten und daß die Frage entstehen mußte: Wie kann ein solcher Vorgang stattfinden, wenn zur Einleitung desselben die Gegenwart eines organisirten Wesens unerläßliche Bedingung ist, da durch die unverletzte Haut der Frucht kein Ferment in das Innere derselben gelangen kann? — ein Einwurf, welcher, wenn richtig, offenbar die ganze Gährungstheorie von der Wirksamkeit der Organismen über den Haufen werfen müßte. — Wir dürfen aber nicht vergessen, daß jede Frucht ein Complex von Zellen verschiedener Bauart ist; manche dieser Zellen können die Rolle von Fermenten in gewissen Lebenszuständen übernehmen und die Vergährung veranlassen. — Diese Vergährung kann sehr verschiedener Art sein; in manchen Früchten sehen wir (nachdem die Frucht von der Mutterpflanze getrennt ist) eine Umbildung verschiedener Körper in Zucker vor sich gehen — das sogenannte Nachreifen — und kann diese Umbildung offenbar nur durch ein Ferment bedingt werden, welches wir uns nicht anders entstanden denken können, als durch die Lebensthätigkeit gewisser Zellen. — Es liegt kein vernünftiger Grund zu der Annahme vor, daß diese Fermentthätigkeit gerade mit der Bildung von Zucker ihr Ende erreiche, sondern erscheint es vielmehr natürlich, daß diese Thätigkeit fortschreitet und der Zucker weiter verändert — vergährt wird. — Wir haben es in diesem Falle nach unserer Anschauung mit

einem Vorgange zu thun, welcher vollständig in den Rahmen der jetzigen Gährungstheorie paßt; auch in diesem Falle kommt die Gährung durch die Mitwirkung eines Organismus zu Stande.

Der zweite Fall, welchen wir hier erwähnen wollen, spricht scheinbar noch entschiedener gegen die Richtigkeit der Theorie von der Bedeutung der Organismen für den Gährungsvorgang. Wir sind nämlich im Stande, die Fermentwirkung unter Verhältnissen eintreten zu lassen, bei welcher jeder Organismus ferne gehalten ist. Wenn wir gekeimtes Getreide (gekeimte Gerste, Weizen, Hafer u. s. w.) das sogenannte Malz — zerkleinern und mit warmem Wasser behandeln, so geht der seiner Zusammensetzung nach noch unbekannte Körper in Lösung, welchen man als Diastase benannt hat. Die Diastase hat die Fähigkeit, anscheinend unbegrenzte Mengen von Stärkemehl in Zucker überzuführen und beruhen auf dieser Wirkung mehrere wichtige Zweige des gährungschemischen Gewerbes.

Nach der eben angedeuteten Wirkung der Diastase als Ferment kann von der Mitwirkung eines Organismus bei der Umsetzung des Stärkemehls in Zucker keine Rede sein — wir hätten also hiermit das Ferment als einfache chemische Verbindung — sowie sich Liebig dasselbe vorstellte, vor uns. — Stellen wir uns aber einmal die Frage über den Ursprung der Diastase. Im reifen Getreidekorn ist sie nicht vorhanden, wie durch einen einfachen Versuch bewiesen werden kann; der wässerige Auszug von Getreide ist ohne jede Einwirkung auf Stärkemehl. — Die Diastase kann demnach nur während der Keimung des Getreidekornes gebildet werden. — Das Keimen des Getreidekornes erfolgt aber dadurch, daß gewisse in letzterem enthaltene Zellen, die, so lange das Getreidekorn trocken lag, ruhten, unter dem Einflusse des Wassers und der Wärme zu wachsen beginnen und auf den im Getreidekorn angehäuften Nahrungsvorrathe lösend einwirken, das Stärkemehl in Zucker und andere Verbindungen umsetzen.

Die Verbindung, welche aber diese Umsetzung bewirkt, die Diastase, ist das Product einer lebenden Zelle — sie ist ein Ferment, welches somit denselben Ursprung hat, wie alle übrigen Fermente. Wir sind im Stande, dieses Ferment von der Zelle, in der es producirt wurde, zu trennen und selbstständig wirken zu lassen und spricht dieser Umstand entscheidend dafür, daß es Fermente gebe, welche als chemische Verbindung betrachtet werden müssen und ihre Wirkung auch dann noch zu äußern vermögen, wenn sie von dem Organismus, der sie producirte, getrennt wurden.

Auch die gewöhnliche Hefe enthält ein solches für sich allein abscheidbares Ferment — das sogenannte Invertin, welchem die Eigenschaft zukommt, nicht gährungsfähigen Zucker in gährungsfähigen zu verwandeln. Weiter scheint die Wirkung der chemischen Verbindungen der Hefe allein nicht zu gehen — denn wie schon angeführt, genügt es, die Organisation der Hefe durch Zerreißen der Zellen zu zerstören, um die gährungerregende Kraft der Hefe zu vernichten.

Im Punkte 3 haben wir jene Anschauung über den Gährungsvorgang zum Ausdrucke gebracht, nach welcher der Organismus in einem gewissen Zeitpunkte seines Lebens vergährend wirkt.

Auch diese Anschauung basirt auf jeder Zeit zu wiederholenden Beobachtungen. Wenn es für alle Fälle unbedingt gültig sein soll, daß die Gährungspflanze den Zucker verzehrt und an Stelle desselben Alkohol und die anderen Gährungsprodukte abscheidet, so muß offenbar in jenem Stadium der Gährung, in welchem sich die Hefe am stärksten vermehrt, zugleich die größte Zuckermenge in Alkohol umgesetzt werden. Die Erfahrung lehrt nun aber, daß dies nicht der Fall ist, daß vielmehr die reichlichste Alkoholmenge erst dann gebildet wird, wenn die Hefeproduktion ihr Maximum eine Zeit lang überschritten hat.

Auf diese Thatsache gestützt, basirt nun die oben gedeutete Anschauung, daß die Hefezelle, erst nachdem sie vollkommen ausgewachsen ist und Nachkommenschaft producirt hat — somit beim beginnenden Rückschreiten ihres Lebens vergährend wirke — der Gährungsact gleichsam den Abschluß ihrer physiologischen Functionen bilde.

Es ist gegenwärtig nicht der Ort, auf die Frage, welche von den oben unter 1., 2. und 3. ausgesprochenen Möglichkeiten des Gährungsvorganges die meiste Wahrscheinlichkeit für sich habe, des näheren einzugehen und haben wir die vorstehenden Beispiele hier nur aus dem Grunde angeführt, um zu zeigen, daß jeder Forscher, welcher die eine oder andere Anschauung vertritt, eine Berechtigung für die Vertheidigung derselben habe.

Die vorstehenden Angaben sollen nur die allgemeinen Gesichtspunkte klar machen, von welchen man die Wirkung der Hefeorganismen betrachten kann; bevor wir uns in eingehender Weise mit derselben beschäftigen, müssen wir einige Worte über einen Vorgang anführen, welcher durch lange Zeit nicht mit der jetzigen Gährungstheorie in Einklang gebracht werden konnte, indem er scheinbar mit den Wechselbeziehungen zwischen dem Wachsthum der Fermentorganismen und der Vergährung in direktem Widerspruche stand und deshalb auch von den Gegnern unserer Gährungstheorie als eine wahre Achillesferse derselben erfaßt wurde; die Versuche, den Widerspruch zu lösen, sind aber von dem glänzendsten Erfolge begleitet gewesen und hat die anscheinende Abweichung von der Regel die volle Bestätigung derselben ergeben.

Die scheinbare Verminderung der Hefe während der Gährung.

Wir haben oben den durch Versuche erwiesenen Satz ausgesprochen, daß eine regelrechte Gährung nur in solchen Flüssigkeiten erfolgen könne, in welchen das Ferment alle Stoffe vorfindet, deren es zu seiner Ernährung bedarf — und erinnern ferner an den Satz, daß die Gährung und das Wachsthum der Hefepflanze in einem untrennbaren Zusammenhange stehen. Aus beiden Sätzen ergiebt sich als nothwendige Folgerung, daß die nach vollendeter Gährung vorhandene Hefemenge dem Gewichte nach immer eine größere sein müsse, als die ursprünglich zugefügte.

Manche Versuche haben aber das gerade Gegentheil dieses Satzes ergeben; die nach vollendeter Gährung gewogene Hefe zeigte ein geringeres Gewicht, als

die ursprünglich zugesetzte und entstand nothwendiger Weise die Frage, was denn aus dieser Hefe geworden sei? Man versuchte, die Frage so zu lösen, daß man annahm, es sei während der Gährung eine gewisse Menge von Hefe abgestorben und zersetzt worden. — Wenn dies aber allgemein der Fall wäre, müßte endlich die Hefe vollständig verschwinden, indem man bei jeder neuen Gährung eine immer geringere Hefemenge gewinnen würde. — Auch die sogenannte „Selbstgährung", von welcher wir noch zu sprechen haben werden (ein langsames Verhungern der Hefe in Flüssigkeiten, welche sie nicht normal zu ernähren vermögen, in welchen z. B. der Zucker fehlt), wurde als eine Erklärung der Hefeverminderung herbeigezogen, war aber nicht stichhaltig, indem man Hefeverminderung auch in solchen Fällen nachweisen konnte, in welchem in der Nährflüssigkeit noch alle Nahrungsstoffe in genügender Menge vorhanden waren.

Wir verdanken die richtige Erklärung der Hefeverminderung bei vollständiger Vergährung einer Arbeit Pasteur's, welche mit jener Duclaux's über den gleichen Gegenstand gut übereinstimmt. Die Verminderung der Hefe rührt nach Pasteur davon her, daß die in einer gewissen Menge angewendete Hefe — dieselbe muß im nassen Zustande mehr als 15 pCt. von der in der Flüssigkeit enthaltenen Zuckermenge ausmachen — an die Flüssigkeit so viele Extractivstoffe abgiebt, daß hierdurch ihr Gewicht trotz der während der Gährung stattgefundenen Vermehrung der Zellen geringer erschien, als zu Anfang des Versuches.

Pasteur wendete zu seinen Versuchen nasse Hefe an, deren Trockengehalt aber stets durch einen Nebenversuch bestimmt wurde; nach dem Versuche wurde die Hefe wieder gesammelt und gewogen; gleichzeitig wurde auch der Extractgehalt der Flüssigkeit bestimmt (bestehend aus den von der Hefe an die Flüssigkeit durch Exosmose abgegebenen Hefeprodukten und jenen Körpern, welche zwischen den Zellen der ursprünglich angewendeten Hefe vorhanden waren) und ergab sich bei der Summirung des Hefegewichtes nach der Gährung und des Gewichtes dieser Extractivstoffe stets eine Gewichtsmenge an Hefe, welche größer war, als die ursprünglich angewendete; der Ueberschuß ist auf Rechnung der während der Gährung neugebildeten Hefe zu setzen, und läßt sich nach diesen Versuchen die vielfach beobachtete Verminderung der Hefe einfach auf die Nichtbeachtung jener Extractivstoffe zurückführen, welche von der Hefe an die Flüssigkeit abgegeben und selbstverständlich beim Abfiltriren der Hefe von dem Filter nicht zurückgehalten werden daher besonders in der Flüssigkeit bestimmt werden müssen.

Die bei den Versuchen Pasteur's ermittelte Extractmenge erwies sich der angewendeten Hefemenge proportional, was somit auf die Abstammung eines Theiles des Extractes aus der Hefe hindeutet. Nebst dieser Thatsache ergiebt sich aber aus Pasteur's Versuchen noch eine andere, welche für die Gährungstheorie selbst von hoher Bedeutung ist: Bringt man den Ueberschuß an Gewicht, welcher sich an der Hefe unter Berücksichtigung der Extractmenge ergiebt, mit der Menge der bei dem Versuche angewendeten Hefe in Beziehung, so findet man, daß die Gewichtsvermehrung in fast allen Fällen die gleiche war und läßt sich

aus dieser Thatsache die wichtige Schlußfolgerung ableiten, daß die Vermehrung der Hefe in einem bestimmten Verhältnisse zur Menge des vergohrenen Zuckers stehe.

Wir lassen nachstehend die Versuchsreihen Pasteur's und Duclaux's folgen:

A. Pasteur.

Auf 100 Gewichtstheile Zucker wurden verwendet an Hefe		Nach der Gährung gefunden		Hefevermehrung C + D — B =
A. Frische Hefe	B. Trockene Hefe	C. Hefe	D. Extract	+
20,000	4,626	3,230	2,320	0,924
20,000	4,426	4,002	1,638	1,214
13,700	2,626	2,965	0,964	1,303
10,000	2,313	2,486	1,080	1,253
9,390	2,380	2,950	0,665	1,235
6,254	1,198	1,700	0,631	1,133

B. Duclaux.

100	17,32	14,02
50	8,66	8,51
25	4,33	4,78
12,5	2,16	2,68

Die Vermehrung der Hefe während der Gährung.

Bei normalem Gährungsverlaufe findet in allen Fällen eine Vermehrung der Hefe statt, eine Erscheinung, welche wir auf das deutlichste durch den Vorgang der Bierbrauereien und Branntweinbrennereien illustrirt sehen; bei gleichmäßigem ununterbrochenen Betriebe decken diese Anstalten nicht nur den eigenen Bedarf an Hefe, sondern geben regelmäßig gewisse Quantitäten davon als Preßhefe ab, welche den Hefezuwachs repräsentiren, der noch um die bei dem fabrikmäßigen Betriebe unvermeidlichen Verluste vergrößert werden muß. Ein ähnliches Verhältniß sehen wir bei der Weinbereitung, bei welcher die vor der Gährung vorhandene Hefemenge blos aus jenen Hefezellen besteht, die an den Trauben hafteten, die sich aber während der Gährung soweit vermehren, daß sie einen erheblichen Theil der Weinhefe (diese besteht neben den Hefezellen noch aus Eiweißkörpern und Weinsteinkrystallen) ausmachen.

Die Verminderung der Hefe, welche sich constatiren läßt, wenn man letztere in reiner Zuckerlösung cultivirt, ist einer Krankheitserscheinung zu vergleichen — die Hefe kämpft gleichsam gegen die ungünstigen Verhältnisse an, welche ihrem Leben Gefahr drohen und müßte unter denselben schließlich zu Grunde gehen. In der Praxis kommt wohl der Fall der Hefeverminderung nur selten vor, weil die Flüssigkeiten, in welchen die Hefe cultivirt wird, dem Organismus vollkommen geeignete Nahrung bieten.

Nachdem sowohl von praktischer als von theoretischer Seite der Beweis

hergestellt war, daß bei normalem Gährungsverlaufe (wir verstehen unter normalem Gährungsverlaufe einen solchen, bei welchem die Gährungspilze in der Flüssigkeit alle zu ihrer Ernährung nöthigen Körper in genügender Menge finden), war es von Interesse, die Mengen der neugebildeten Hefe zu ermitteln. Wir besitzen über diesen wichtigen Gegenstand zwar eine größere Reihe von Untersuchungen, unter welchen ganz besonders jene von Adolf Mayer, dessen verdienstvolle Untersuchungen über die Gährung wir noch wiederholt erwähnen werden, neben einigen Arbeiten Pasteur's von Bedeutung sind.

Wir lassen unten die diesbezüglichen Zahlenangaben folgen, wollen aber vorher noch auf eine nicht zu übersehende Thatsache hinweisen. Es ist zwar nicht zu bezweifeln, daß die Production von neuer Hefe und die Menge des vergohrenen Zuckers in einem bestimmten Verhältnisse stehe; dieses Verhältniß ist aber ganz gewiß auch von der Beschaffenheit der Hefe abhängig; wir wissen aus den früheren Darstellungen, daß daß das Leben der Gährungsorganismen ein zweifaches ist, je nachdem sie mit Luft in Berührung stehen oder von derselben abgeschlossen sind; es kann kein Zweifel mehr darüber herrschen, daß das Leben der Gährungsorganismen bei Gegenwart von Luft das eigentlich normale, das bei Luftabschluß — wobei sie eigentlich erst vergährend wirken — das nicht normale — erzwungen sei; wir wissen ferner, daß die Saccharomycesarten, welche wir als die eigenartigen Alkoholfermente bezeichnen können, indem keine andere Pflanze Alkohol in nur annähernd gleichen Mengen zu produciren im Stande ist, sobald sie nur mit Luft in Berührung gelangen, in kurzer Zeit die Vermehrung durch Sprossung aufgeben und Ascosporen bilden.

Die wichtigen Versuche Blankenhorn's über den Verlauf der Gährung bei gelüfteten und nicht gelüfteten Traubenmosten (unter „Lüftung" ist hier das Durchblasen von Luft durch gährungsfähige Flüssigkeiten zu verstehen) haben gezeigt, daß die Gährung der gelüfteten Moste ungleich schneller und vollständiger vor sich geht, als jene nicht gelüfteter, und gleichzeitig die Masse der abgeschiedenen Hefe eine größere ist. Man kann diese Erscheinung nur in der Weise deuten, daß eine Sauerstoffzufuhr in beschränktem Maße, wie sie z. B. durch das eine kurze Zeit andauernde Lüften des Mostes stattfindet, auch auf den als Ferment wirkenden Organismus kräftigend einwirkt.*)

Es wird daher die Quantität der in einer und derselben Flüssigkeit neu producirten Hefe bei verschiedenen diesbezüglichen Versuchen eine verschiedene sein, je nachdem die Hefe durch verschieden lange Zeit von der Luft abgeschlossen war oder nicht; aus den noch näher zu erörternden Untersuchungen Brefeld's ergiebt sich sogar die interessante Thatsache, daß in einer mit Luft gesättigten Flüssigkeit, welche ein ausgezeichnetes Nahrungsmittel für die Hefe abgiebt (Bierwürze), aus-

---

*) Bei den Lüftungsversuchen ergab sich die merkwürdige Thatsache, daß auch beim „Lüften" mit reinem Wasserstoff die Gährung stärker wird; ich schreibe die Verstärkung der Gährung in diesem Falle der Beseitigung der in der Flüssigkeit gelösten Kohlensäure zu, welche nach meinen Versuchen dem Leben der Gährungsorganismen eben so feindlich entgegen tritt als dem anderer lebenden Wesen.

schließend Hefevermehrung ohne Gährung stattfindet. — Der Verfasser hat die diesbezüglichen Versuche Brefeld's wiederholt und ist zu dem gleichen Ergebnisse gelangt, fand aber, daß in ganz kurzer Zeit, nachdem sich kein freier Sauerstoff mehr in der Flüssigkeit nachweisen ließ, die Erscheinungen der Alkoholgährung eintraten — somit die Hefe in jenem Augenblicke, in welchem sie keinen freien Sauerstoff mehr fand, gezwungen wurde, die Lebensweise als vergährend wirkender Körper — als Ferment aufzunehmen.

Es giebt übrigens noch manche Beweise dafür, daß die Vermehrung der Hefe von der Gegenwart des Sauerstoffes sehr abhängig sei und wählen wir hierfür eines der Fermente, welche gewissermaßen nur widerstrebend bei Luftabschluß zu leben vermögen und zwar jene Species aus der Familie der Saccharomycesarten, welche aus freier Wahl immer als Verwesungsferment an der Oberfläche der Flüssigkeiten lebt und nur gezwungen auch als Gährungsferment leben kann — den gewöhnlichen Weinkahn (Saccharomyces Mycoderma). Taucht man dieses Ferment unter den Spiegel einer gährungsfähigen Flüssigkeit, so wirkt es alsbald vergährend auf dieselbe; die Menge der hierbei producirten Zellen ist aber eine sehr geringe im Vergleiche zu jener Zellenproduction, welche stattfindet, wenn das Ferment nach freier Wahl — d. i. an der Oberfläche der Flüssigkeit, leben kann. — Wenn daher theoretische Untersuchungen über die Vermehrung der Hefe bei der Gährung absoluten Werth haben sollen, ist es nach unserer Anschauung unbedingt nöthig, auf das Moment, ob die Hefe früher durch längere oder kürzere Zeit mit Luft in Berührung war, gebührende Rücksicht zu nehmen.

A. Mayer wählte zu seinen Versuchen geeignete Nährflüssigkeiten und versetzte sie mit einer unwägbaren Spur von Hefe — ein sehr richtiges Verfahren, weil hierdurch der Einfluß, welchen die vorhergegangene Lüftung der Hefe auf deren Vermehrung nimmt, zum Theile wenigstens aufgehoben wird. — Mayer fand auf 100 Theile neugebildeten Alkohol 1,38 – 2,03 Theile neugebildeter Hefe (trocken gerechnet); Pasteur fand in verschiedenen Versuchsreihen 1,0 bis 1,7 und 1,2 bis 1,5 Percent Hefe auf Zucker bezogen, was auf Alkohol berechnet 2,0 bis 3,4 Percent ergiebt — somit Ergebnisse, welche ziemlich weit von einander abweichen. — Wenn wir die Hefenmenge betrachten, welche sich bei der Gährung des Weinmostes ergiebt, so ist dieselbe, wenn wir alle fremden Substanzen (Weinsteinkrystalle und unlöslich gewordene Eiweißstoffe des Mostes) abrechnen, trotz der geringeren Größe, welche die Zellen des gewöhnlichen Weinfermentes im Vergleiche mit jenen der Bierhefe besitzen, eine sehr große. — Wir schreiben diesen Umstand dem Verhältnisse zu, daß die sich in dem Moste entwickelnden Fermente gerade in der besten Verfassung sind, um vergährend zu wirken — indem sie an der Traubenbeere in ungehinderter Berührung mit Luft gestanden hatten.

Mayer verhehlte sich die Widersprüche nicht, welche zwischen der von ihm constatirten Hefevermehrung und den Hefeausbeuten in der Praxis und bei der Weingährung stattfinden und stellte auch über die Gährung des Traubenmostes, der zur Tödtung aller in ihm enthaltenen Organismen aufgekocht worden war, Versuche an, indem er auf denselben Sporen von Weinhefe (Saccharomyces ellypsoideus) und Bierhefe (S. cerevisiae) aussäete und bei Obergährungs-

temperatur (Zimmerwärme) vergähren ließ. — Er constatirte bei diesem Versuche eine erheblich größere Ausbeute an Hefe, die sich schon viel mehr dem in der Praxis der Branntweinbrennereien zwischen der Menge des neu producirten Alkohols und der Hefe gefundenen Verhältnisse näherten, und schrieb dieselbe, was zum Theile auch ganz richtig ist, der vortrefflichen Nahrung zu, welche die Gährungspflanze in dem Weinmoste findet.

In der Praxis der Spiritusfabrikation kommt man bis zu Hefeausbeuten von 28,6 Percent trockener Hefe (auf die gewonnene Menge von Alkohol berechnet) und fand Mayer bei den oben angegebenen Versuchen für Sacch. ellyps. 18,2, für Sacch. cer. 13,4 Percent der Alkoholmenge. — Es läßt sich somit annehmen, daß Hefe ohne besondere Lüftung in ausgezeichneten Nährflüssigkeiten, wie solche Weinmost, Branntweinmaische und Bierwürze sind, bis zu den eben angegebenen Mengen vermehrt werden kann. — Die Vermehrungen über diese Grenzen hinaus hängen wohl weniger von der Beschaffenheit der Nährflüssigkeit als hauptsächlich von dem Umstande ab, ob die von einer Gährung zur andern aufbewahrte Hefe mehr oder weniger mit Luft in Berührung kam oder nicht.

Der Umstand, daß die durch Sauerstoffzufuhr gekräftigten Gährungspilze viel vollständigere und raschere Vergährung des Zuckers bewirken, als solche, bei denen dies nicht der Fall ist (die schon erwähnten Lüftungsversuche des Weinmostes von Blankenhorn geben wahrhaft überraschende Beweise hierfür), läßt den von Pasteur aufgestellten Satz: „Gährung sei Leben ohne freien Sauerstoff" nicht unberührt; die erwähnten Erscheinungen deuten viel mehr darauf hin, daß zum Leben der Gährungspflanzen als Fermente der Sauerstoff eben so unbedingt erforderlich sei, wie der Zucker — wenngleich sich nicht leugnen läßt, daß die Alkoholfermente eine sehr große Lebenszähigkeit besitzen und durch viele Generationen hindurch ohne freien Sauerstoff leben können. — Daß aber in letzterem Falle für die Alkoholfermente nicht alle Lebensbedingungen in vollem Maße vorhanden sind, ergiebt sich von selbst aus dem Schwächer- und Langsamerwerden der Hefevermehrung und endlich auch aus dem unvollkommenen Verlaufe des Gährungsaktes selbst, wenn die Hefe gezwungen wird, durch sehr viele Generationen ohne freien Sauerstoff zu leben.

Seit der Feststellung der Thatsache, daß die Hefevermehrung beträchtlicher wird, wenn Sauerstoff in freiem Zustande an dem ganzen Gährungsvorgange mitwirken kann, ist die ganze Frage bedeutend lichtvoller geworden; es bleibt aber noch das wichtige Moment zu constatiren übrig, in welchem Verhältnisse die in freiem Zustande vorhandene Sauerstoffmenge zu jener der angewandten Hefe und des zu vergährenden Zuckers stehen muß, um bei vollständiger und rascher Vergährung des Zuckers gleichzeitig die größtmögliche Vermehrung der Hefe zu bewirken. Abgesehen von dem wissenschaftlichen Interesse kommt der Lösung dieser Frage auch ein eminent praktisches zu und besitzt selbe namentlich für Spiritus- und Hefefabrikanten den größten Werth.

VI. Die Gährung als chemisch-physiologischer Vorgang.

Daß die Ernährung und Vermehrung der Hefeorganismen mit der Bildung neuer chemischer Verbindungen im Zusammenhang stehe, ist allgemein anerkannt, und sehen wir die chemischen Vorgänge so eng mit den physiologischen verknüpft, daß wir — ohne einen Gewaltakt zu begehen, beide Begriffe kaum von einander trennen können. — Der physiologische Prozeß betrifft zwar allein die Hefeorganismen, welche sich zu erhalten und vermehren trachten — der chemische Prozeß ist für uns von Interesse, weil wir durch ihn gewisse neue Produkte aus den angewendeten Materialien erhalten; der chemische Vorgang ist aber zum mindesten eine Folge des physiologischen — wahrscheinlich aber mit demselben absolut gleichlaufend, und erscheint es uns daher am zweckmäßigsten, den Zusammenhang beider Vorgänge dadurch zum Ausdrucke zu bringen, daß wir von der Gährung nicht als von einen rein physiologischen, sondern als von einem chemisch-physiologischen Vorgange sprechen.

Die chemisch-physiologischen Verhältnisse des Gährungsaktes sind von tiefgehender Bedeutung für alle Gährungsgewerbe, denn durch die richtige Erkenntniß derselben ist uns auch das Mittel an die Hand gegeben, die Bedingungen, unter welchen das Ferment lebt, so zu stellen, daß dasselbe die günstigsten Ernährungsverhältnisse antrifft und sich in Folge dessen kräftig zu entwickeln vermag. Eine kräftige Entwickelung des Fermentes macht dasselbe aber auch in hohem Grade zu einer gesteigerten Arbeitsleistung fähig — das heißt mit anderen Worten: geeignet zur Einleitung gesunder, rasch verlaufender und die größtmöglichen Ausbeuten liefernder Gährung. Es hat somit die Kenntniß der chemisch-physiologischen Verhältnisse des Gährungsaktes nicht blos ein wissenschaftliches Interesse, sondern es kommt ihnen auch eine hohe praktische Bedeutung zu, indem sie auf die materiellen Interessen der Industriellen wesentlichen Einfluß nehmen.

Neben A. Mayer, welcher sich überhaupt durch seine trefflichen Untersuchungen über viele die Gährung betreffenden Fragen große Verdienste auf diesem Gebiete erworben hat, verdanken wir noch hauptsächlich Pasteur, Brefeld und

Traube die hervorragendsten Arbeiten über das unter allen die Gährung betreffenden Fragen unstreitig schwierigste Kapitel der Erklärung des bei der Gährung stattfindenden chemisch-physiologischen Vorganges. — Es erscheint uns nicht angezeigt, bei der Darlegung dieser Untersuchungen unbedingt den geschichtlichen Entwicklungsgang derselben festzu halten; wie es bei derlei Arbeiten so häufig geschieht, haben die einzelnen Forscher gewisse Sätze als richtig hingestellt, welche von anderen bekämpft und schließlich widerlegt und auch von ihren Urhebern endlich verlassen wurden. Die volle Darlegung aller auf unseren Gegenstand bezüglichen Untersuchungen läßt sich aus den Schriften der verschiedenen Autoren entnehmen;*) hier handelt es sich ganz besonders darum, die Anschauung, welche man sich gegenwärtig über den Gährungsvorgang gebildet hat, möglichst kurz zu schildern.

Es wurde schon bei der Darlegung der morphologischen Verhältnisse der Gährungsorganismen gezeigt, daß denselben eine doppelte Vermehrungsart zukomme, und gelangte bekanntlich Reeß hierdurch eigentlich erst zur botanischen Feststellung der verschiedenen Fermentorganismen, daß er dieselben sowohl bei völligem Abschluß der Luft — respective des Sauerstoffes als auch später bei ganz ungehindertem Zutritt der Luft vegetiren ließ. — Im ersten Falle fand er immer eine Vermehrung der Organismen durch Sprossung — im letzteren jedoch durch Bildung von Sporen, welche in der vergrößerten Zellhülle so lange eingeschlossen bleiben, (Ascosporen) bis man diese wieder in eine gährungsfähige Flüssigkeit taucht, worauf die Vermehrung wieder auf die Weise stattfindet, daß die Ascosporen zu Hefezellen heranwachsen, die sich abermals durch Sprossung vermehren.

Schon dieser merkwürdige Umstand — der abwechselnd durch Sprossung und durch Sporenbildung stattfindenden Vermehrung der Fermentorganismen, deutet darauf hin, daß diese Organismen fähig seien, eine Art von Doppelleben zu führen — und daß dieses Leben im engsten Zusammenhange mit der Ernährungsweise stehe. In der That geben uns die Hefeorganismen das merkwürdige Beispiel einer zweifachen Lebensweise, deren Bedingungen so grundverschiedene sind, daß wir über die riesige Anpassungsfähigkeit an gegebene Verhältnisse staunen müssen, welche diese Pflanzen zeigen. Den Fermentorganismen der Alkoholgährung entspricht in der That eine Lebensweise bei völligem Mangel von freiem Sauerstoff und eine andere bei unbeschränkter Gegenwart des Sauerstoffes; im ersten Falle entnimmt die Pflanze ihren Sauerstoffbedarf aus den chemischen Verbindungen, welche sie in der Nährflüssigkeit vorfindet, im zweiten aus der Luft; im ersten Falle wirkt sie in Folge ihrer Einflußnahme auf die chemischen Verbindungen zerlegend als Ferment im eigentlichen Sinne des Wortes und vermag sich bei dieser Lebensweise durch viele Generationen (durch Sprossung) zu vermehren; im zweiten Falle vollzieht sich der Kreislauf des Lebens dieser Pflanzen in gewöhnlicher Weise: die reifgewordene Zelle bildet Sporen — sie

*) Wir erwähnen hier nur einige derselben wie Pasteur: Etudes sur le vin und Etudes sur la bière — die Schriften A. Mayer's über den Sauerstoffbedarf und die Ernährung der Gährungsorganismen; Brefeld in den landwirthschaftlichen Jahrbüchern.

sorgt für ihre Nachkommenschaft — die Sporen erhalten sich gewisse Zeit hindurch keimfähig und gehen endlich zu Grunde — wenn sie nicht in solche Verhältnisse gebracht werden, unter welchen sie sich zu entwickeln vermögen — das ist in gährungsfähige Flüssigkeiten.

Pasteur hat diese zweifache Lebensweise der Fermentorganismen sehr gut durch die Aufstellung zweier Ausdrücke characterisirt und trennt diese Organismen in zwei Gruppen: in gelüftete oder an der Luft lebende (aérobiés) und in nicht gelüftete, ohne Luft lebende (anérobiés). Er drückt seine Anschauung über die Function dieser Pflanzen unter dem einen oder dem anderen Verhältnisse wörtlich in folgender Weise aus:

„Weil das Leben unter gewissen Bedingungen ohne Anwesenheit des Luftsauerstoffes andauern kann, und weil dann die Ernährung von einer Erscheinung begleitet ist, welche für Gewerbe und Wissenschaft gleich wichtig ist, könnte man die lebenden Wesen in zwei Klassen sondern: in die Luftwesen (aérobiés) das heißt in jene, welche nicht ohne Luft leben können, und die nicht der Luft bedürftigen (anaérobiés) jene, welche zur Noth und eine Zeitlang derselben entbehren können; diese letztern wären die Fermente im eigentlichen Sinne des Wortes“*).

Diesem in neuester Zeit vielfach angefochtenem Satze zu Folge sind die Gährungspflanzen sowohl Wesen, welche zu den „gelüfteten“ als „nicht gelüfteten“ gezählt werden können und bilden demnach ein mit ganz besonderen Fähigkeiten ausgerüstetes Glied der Pflanzenfamilie. Es sei hier gleich bemerkt, daß die Fähigkeit des „mit und ohne Luft Lebens“ bei den verschiedenen Fermentorganismen eine sehr wechselnde ist. Unstreitig am ausgebildetsten ist diese Fähigkeit bei der als Culturpflanze seit unzähligen Generationen erzogenen Saccharomycesart, welche den Hauptbestandtheil der Bierhefe ausmacht. Man kann Saccharomyces cerevisiae, welche bei völligem Luftabschluß Gährung veranlaßte, ohne Luft zutreten zu lassen, in neue gährungsfähige Flüssigkeiten bringen, in denen sie sofort wieder Gährung veranlaßt und sich vermehrt und ist nun im Stande dies oft und oft zu wiederholen, ohne daß die Hefe merklich an vergährender Kraft einbüßt; offenbar hat Saccharomyces cerevisiae durch die Cultur im höchsten Maße die Fähigkeit erworben, auch unter den erzwungenen Verhältnissen ihr Leben zu fristen.

Einen sehr merkbaren Unterschied finden wir aber schon bei jenen Saccharomycesarten, welche wir nicht cultiviren, sondern im Naturzustande lebend auf jenen Früchten antreffen, deren Vergährung sie bewirken, wenn man die Früchte zerquetscht und die Pilze in dem Safte derselben untertaucht.

Die Abbildung der an reifen Trauben vorhandenen Fermentorganismen Fig. 30 zeigt deutlich, welcher Art diese Organismen sind; die Mehrzahl derselben besteht aus Keimzellen oder Asci, welche die reifen Sporen enthalten. Während der ganzen Vegetationsperiode der Traube konnten Hefezellen auf dieselbe gelangen

*) Etudes sur la bière S. 115.

und sich bei unbeschränktem Luftzutritte in der Weise entwickeln, wie es uns das Mikroskop zeigt, eine Entwickelungsweise, welche mit der Bildung reifer Ascosporen ihr Ende erreicht. In die gährungsfähige Flüssigkeit getaucht nehmen diese Ascosporen sofort ihre Entwickelung, vermehren sich durch Sprossung und wirken vergährend auf den Traubensaft. Lange conservirte Trauben (Rosinen) geben aber erfahrungsmäßig einen Most, der nur langsam und schwierig in Gährung übergeht, indem ein großer Theil der Ascosporen, welche an demselben hafteten, schon zu Grunde gegangen ist; an Most aus frischen Trauben sehen wir hingegen die Gährung ungemein rasch eintreten, weil noch alle Sporen im lebenden Zustande vorhanden sind.

Die Hefe, welche man aus gährendem Weinmost gewinnt, vermag zwar in gährungsfähige Flüssigkeiten gebracht, allerdings dieselben noch zur Vergährung zu bringen, allein nach sehr kurzer Zeit macht man die Wahrnehmung, daß die Intensität der Gährung abnimmt und die Hefe rasch an vergährender Kraft verliert. Wir ziehen aus dieser Erscheinung den Schluß, daß jene Fermente, welche nicht durch langdauernde Cultur gleichsam zum Leben ohne freien Sauerstoff erzogen werden, dasselbe auch nur durch weit kürzere Zeit zu ertragen vermögen, als die Bierhefe.

In noch geringerem Grade vermögen jene Fermentorganismen, welche nur unter besonderen Umständen Alkoholjährung veranlassen, das Leben ohne Sauerstoff zu ertragen und gilt dies von Saccharomyces Mycoderma und den Mucorarten, denn wir sehen, daß diese Pflanzen, wenn man sie in gährungsfähigen Flüssigkeiten ohne Luftzutritt zur Vegetation zwingt, nur wenig Zucker vergähren und diese Thätigkeit sofort aufgeben, wenn man sie wieder mit freiem Sauerstoff in Berührung bringt.

Wenn es richtig ist, daß das Essigferment und das Milchsäureferment, wenn auch nicht völlig identisch, so doch zu einer Gruppe von Organismen (zu den Spaltpilzen) gerechnet werden müssen, so finden wir an ihnen ebenfalls ein merkwürdiges Beispiel des Lebens mit und ohne Luft: das Essigferment übt seine Thätigkeit nur an der Oberfläche solcher Flüssigkeiten, welche mit Luft in Berührung stehen, es ist eine an der Luft lebende Pflanze, wenn man will ein Verwesungsferment, das Milchsäureferment lebt ohne freien Sauerstoff, es ist ein echtes Gährungsferment. Aus dem oben angeführten Satze Pasteur's ergibt sich schon mit Bestimmtheit, daß dieser Forscher keineswegs der Ansicht ist, die Gährungspflanzen seien im Stande, durch eine unbegrenzte Zeit hindurch als „echte Fermente" d. h. ohne allen freien Sauerstoff leben; es geht dies deutlich aus dem sehr vorsichtig gehaltenen Theile seines Ausspruches hervor, nach welchem die nicht der Luft bedürftigen Wesen (die anaérobiés) „zur Noth und eine Zeitlang der Luft entbehren können.

Die Frage: ob die Hefe ohne freien Sauerstoff Gährung zu erregen vermöge, bedarf keiner Erörterung — wir sehen bei jeder Gährung, daß dies thatsächlich der Fall ist. Es ergiebt sich aber noch ein anderer wichtiger Punkt und läßt sich dieser in der Weise fassen, daß man frägt: kann sich die Hefe ohne freien Sauerstoff auch in entsprechender Weise vermehren, um andauernde Gährung

hervorzurufen — denn wir können uns nur vorstellen, daß jede Hefezelle blos zur Vergährung eines bestimmten Zuckerquantums ausreiche. — Auch diese Frage läßt sich durch einen einfachen Versuch lösen.

Entnimmt man aus einer bei Luftabschluß gährenden Flüssigkeit eine minimale Menge von Hefe und bringt sie in eine gleichfalls gährungsfähige Flüssigkeit, so vermehrt sich die Hefe in derselben allmälig und veranlaßt die Vergährung der Flüssigkeit — eine Thatsache, wodurch der Beweis hergestellt ist, daß auch ohne Gegenwart von freiem Sauerstoff ein Wachsthum der Hefe stattfinden kann. Wenn nun über diesen Gegenstand kein Zweifel mehr walten kann, müssen wir aber hier noch einen weiteren Punkt besprechen, welcher für die Praxis der Gährungsgewerbe abermals von höchster Wichtigkeit ist — nämlich denjenigen, in welcher Weise eine beschränkte Sauerstoffzufuhr auf das Wachsthum und die Vergährungsfähigkeit der Hefe einwirkt.

Die Athmung der Hefeorganismen.

Aus unseren Kenntnissen über den Lebensproceß der höheren Pflanzen ergiebt sich das allgemein gültige Gesetz, daß dieselben in einem fortwährenden Gasaustausch mit der Atmosphäre stehen — sie nehmen einen großen Theil ihrer Nahrung direct aus der Luft auf. — Während aber die höheren Pflanzen ihren Athmungsproceß gewöhnlich in der Weise vollziehen, daß sie Kohlensäure einathmen und am Lichte den durch Reduction der Kohlensäure freigewordenen Sauerstoff wieder abgeben, scheint bei den Hefepilzen das umgekehrte Verhältniß zu walten und nähern sich diese Pflanzen hierdurch gewisser Maßen den Thieren — sie athmen, wenn es die äußeren Verhältnisse zulassen, Sauerstoff ein und geben Kohlensäure ab.

Wenn man nun Hefe, welche von solcher Beschaffenheit ist, daß sie in eine gährungsfähige Flüssigkeit gebracht, aber untergetaucht und vom Luftzutritte absolut abgeschlossen, alsbald die lebhafteste Gährung bewirkt, in solche Verhältnisse bringt, daß sie eine große Menge von Sauerstoff zur Verfügung hat, z. B. indem man die gährende Flüssigkeit in einer dünnen Schicht und in einem flachen Gefäße der Luft darbietet, so macht man die Wahrnehmung, daß trotz der alle Bedingungen zur Gährung enthaltenden Nährflüssigkeit die Gährung an Intensität verliert, ja, wenn man für eine sehr reichliche Sauerstoffzufuhr sorgt, z. B. indem man fortwährend zahlreiche Luftblasen durch die Flüssigkeit gehen läßt — endlich sogar ganz aufhört, während sich die Hefe sehr stark vermehrt.

Stellt man die directe Zufuhr von Luft ein und bedeckt man das Gefäß, in welchem der Versuch gemacht wird, mit einer Glasplatte, so wird die Gährung binnen kurzem wieder mächtiger und erreicht ihren Höhepunkt, wenn die Flüssigkeit von der Luft ganz abgeschlossen wird. Man hat es auf diese Weise ganz in seiner Macht, in der Flüssigkeit bald kräftige Gährung bei entsprechender Vermehrung der Hefe, bald sehr starke Vermehrung der Hefe bei ganz geringer Gährungs-Intensität, ja sogar ohne alle Gährung herbeizuführen.

Es würde demnach scheinen, als wenn die Gährung ein Vorgang wäre,

welcher absolut nur bei Sauerstoffabschluß vor sich geht. Wie aus dem oben gesagten erhellt, ist dies auch der Fall, aber mit einer Einschränkung. Die Gährung geht allerdings ohne Gegenwart von freiem Sauerstoff von statten, aber wie die vielfältige Erfahrung lehrt, verläuft der ganze Gährungsvorgang weit schneller und kräftiger, wenn der in der Flüssigkeit vorhandenen Hefe eine gewisse Menge von freiem Sauerstoff zugeführt wird. — Die Erklärung dieses Vorganges ergiebt sich aus dem eben geschilderten Verhalten der Gährungsorganismen: Sie wachsen ohne Gährung zu erregen bei sehr reichlicher Zufuhr von Sauerstoff; sie wachsen nur langsam, wenn aller freie Sauerstoff abgehalten wird, und erregen mäßige Gährung.

Stellt man nun die Ernährungsverhältnisse der Hefe bezüglich des Sauerstoffes derart, daß sie sich zwischen Vermehrung und Gährungserregung die Wage halten, so wird selbstverständlich die Vergährung der Flüssigkeit ungemein beschleunigt werden, indem die Hefe sich in kurzer Zeit so kräftig vermehrt, daß schon zu Anfang der Gährung eine sehr bedeutende Menge von Organismen da ist, von denen jeder einen gewissen Bruchtheil chemischer Arbeit (hier Verwandlung des Zuckers in die Gährungsprodukte) auf sich zu nehmen vermag: in Folge der großen Menge von wirkenden Organismen wird die ganze Arbeit in kurzer Zeit bewältigt — die Vergährung erfolgt rasch und vollständig. — Nach diesen Thatsachen läßt sich wohl mit Sicherheit darauf schließen, daß die Fermentorganismen während ihrer vergährenden Thätigkeit einer gewissen Menge von freiem Sauerstoff bedürfen, und nur durch eine besondere Lebenszähigkeit die Fähigkeit haben, auch bei vollkommenem Sauerstoffabschluß ihr Leben zu erhalten und sich dabei, freilich in beschränkterem Maße, fortzupflanzen und Gährung zu erregen.

Alle Eigenschaften der Hefenorganismen deuten darauf hin, daß diese Pflanze nur gezwungen auch längere Zeit ohne freien Sauerstoff lebt; bietet man frischer Hefe freien Sauerstoff dar, so nimmt sie eine so bedeutende Menge von Sauerstoff auf, daß sie hierin alle anderen Körper, welche aus der Luft Sauerstoff an sich reißen können, weit übertrifft, und vermag solche Hefe dann durch längere Zeit als ungemein kräftiger Gährungserreger zu wirken. — Ich möchte mir hier einen Vergleich über das verschiedene Verhalten höherer Pflanzen und der Hefeorganismen mit der Thierwelt erlauben — wenn auch, wie jeder Vergleich, hinkend, dürfte er doch dazu beitragen, das Verständniß der Sache zu erleichtern. Es ist bekannt, daß Landsäugethiere gar nicht ohne Luft zu leben vermögen, ein ganz kurz andauernder Luftabschluß tödtet sie sofort; — Wassersäugethiere, z. B. die Wale, vermögen nach zuverlässigen Angaben zehn Minuten und noch länger unter Wasser auszuharren, bevor sie neuerdings athmen müssen. — Bei höheren Pflanzen dauert es nun schon weit längere Zeit, bevor sie in Folge des Luftmangels zu Grunde gehen; — die niederen Pflanzen, zu welchen die Hefeorganismen gehören, vermögen nun des freien Sauerstoffes durch so lange Zeit zu entbehren, daß viele Generationen einander folgen können, ehe das Bedürfniß der Pflanze nach Einathmung von freiem Sauerstoff ein so gesteigertes geworden ist, daß der Organismus bei Nichterfüllung desselben endlich zu Grunde geht. Daß

aber dieses Bedürfniß stets vorhanden ist, zeigt die Erfahrung: Je länger eine Hefe, ohne durch längere Zeit der Luft dargeboten zu werden, vergährend wirken muß, desto träger vollführt sich diese Arbeit, bis sie schließlich nicht mehr fähig ist, auf diese abnormale Weise ihr Leben zu fristen und abstirbt. — Es läßt sich demnach mit Sicherheit aussprechen, daß bei Beginn der Gährung wenigstens die Zufuhr einer gewissen Menge von freiem Sauerstoff zu den Fermentorganismen nothwendig sei, um den Gährungsvorgang kräftig einzuleiten.

Wir sehen diesen Satz sehr deutlich durch das Verhalten von Flüssigkeiten bestätigt, welche in sogenannte freiwillige Gährung gerathen. — Wenn wir ganz frisch gepreßten klaren Weinmost in einem hohen Glasgefäße hinstellen, so läßt sich — wenn das Gefäß unbedeckt bleibt, deutlich erkennen, daß die Gährung ihren Anfang an der Oberfläche der Flüssigkeit nimmt und allmälig nach unten vorschreitet; schließt man die Oberfläche der Flüssigkeit vom Luftzutritte ab, so dauert es längere Zeit, bis dieselbe in Gährung geräth und beginnt dieselbe dann aber an allen Punkten der Flüssigkeit zur gleichen Zeit. Im ersten Falle absorbirte die Flüssigkeit Sauerstoff aus der Luft, welcher offenbar zuerst von den an der Oberfläche lagernden Partien aufgenommen wurde und die in denselben vorhandenen Organismen zum Beginn ihrer vergährenden Flüssigkeit veranlaßte.

Der vorstehend beschriebene Versuch führt aber zu einer für die Lehre von der Gährung sehr wichtigen Thatsache, nämlich zu jener, daß die Sporen der Gährungsorganismen einer gewissen Menge von freiem Sauerstoff bedürfen, um überhaupt die Vermehrung durch Sprossung, wie sie bei der Gährung statt hat, beginnen zu können. Schon an früherer Stelle haben wir hervorgehoben, daß man an den Beeren reifer Trauben Ascomyceten in großer Zahl antrifft und daß die letzteren an unverletzten Beeren meistens in jenem Zustande vorhanden sind, in welchem die Asci oder Keimschläuche mit reifen Ascosporen erfüllt sind (vergleiche Fig. 30 Seite 77). Es ist selbstverständlich, daß diesen Sporen Sauerstoff in unbegrenzter Menge zur Verfügung steht, daß man somit meinen sollte, dieselben würden sofort, wie sie in den Most gelangen, zu Hefezellen heran wachsen und sich durch Sprossung vermehren. — Die Erfahrung zeigt jedoch, daß es immer einer gewissen Zeit bedarf, bis dies wirklich geschieht. Mischt man frischen Most durch Schütteln in halbgefüllter Flasche mit viel Luft, so ist binnen sehr kurzer Zeit aller freie Sauerstoff aus der Flüssigkeit wieder verschwunden, aber die Gährung tritt in sehr kurzer Zeit ein: in Berührung mit einer zu ihrer Ernährung tauglichen Flüssigkeit absorbiren die Ascosporen Sauerstoff und beginnen sich zu sprossenden Hefezellen zu entwickeln.

Dieses Verhalten scheint übrigens nicht nur den specifischen Alkoholfermenten eigen zu sein, sondern überhaupt allen jenen pflanzlichen Organismen zuzukommen, welche, in Flüssigkeiten untergetaucht, ihr Leben durch eine gewisse Zeit zu erhalten vermögen und liefern die Arbeiten neuerer Forscher, welche sich mit der Lebensweise der Fermente eingehender beschäftigt haben, Belege für die Richtigkeit dieses Satzes.

Schon im Jahre 1873 habe ich den Einfluß des Sauerstoffes auf die Ent-

wickelung der Fermente im Allgemeinen beobachtet und ausgesprochen*), daß „die Gegenwart des freien Sauerstoffes einen entschieden günstigen Einfluß auf die Entwickelung der Fermente ausübe — ja es erscheine nach meinen Versuchen ziemlich wahrscheinlich, daß bis zu einem gewissen Entwickelungsstadium die Gegenwart des freien Sauerstoffes unentbehrlich ist**). Spätere Versuche haben die Gültigkeit dieses Satzes für verschiedene Fermente bestätigt und sind von so vielen Seiten Belege für denselben beigebracht worden, daß derselbe von keiner Seite mehr bestritten wird und es als feststehend angenommen werden kann, daß bei allen sogenannten freiwilligen Gährungen (die wohl in der übergroßen Mehrzahl der Fälle nicht durch Sproßhefe, sondern durch Ascosporen eingeleitet werden) die Mitwirkung des freien Sauerstoffes nothwendig ist, um die Entwickelung der Sporen zu veranlassen.

Der letztausgesprochene Satz steht mit der oben citirten Eintheilung der Lebewesen in gelüftete und ungelüftete (vergleiche Seite 147) nicht im Widerspruch, denn es ist dorten von der Wirkung der Pflanze, welche schon zur Hervorbringung der Gährung fähig ist, die Rede — nicht aber von den Wesen, welche sich erst zu solchen entwickeln können. Gegenwärtig scheint die Frage über den Sauerstoffbedarf der Alkoholgährung erregenden Fermente so zu liegen, daß wir dieselbe in folgende Hauptsätze zusammen fassen können:

Die Sporen der Ascomyceten bedürfen, in eine gährungsfähige Flüssigkeit getaucht, einer gewissen Menge **freien** Sauerstoffes, um zu sprossen oder zu Hefe heranzuwachsen; sind sie einmal zu letzterer entwickelt, so können sie ihren Sauerstoffbedarf aus den in der Flüssigkeit enthaltenen Körpern entnehmen und wirken auf dieselben vergährend. Die eigentliche Fermentthätigkeit beginnt mit dem Augenblicke, in welchem die Ascosporen zur eigentlichen Hefezelle geworden.

Die vergährende Wirkung der sprossenden Hefe vermag sich bei völligem Sauerstoffabschluß durch eine Reihe von Generationen fortzusetzen — nach einer gewissen Zahl von Generationen wird aber die Gährwirkung des Fermentes abgeschwächt und geht dasselbe schließlich zu Grunde, wenn es nicht wieder mit freiem Sauerstoff in Berührung gebracht wird.

Die Zahl von Generationen, während welcher die Gährungspflanzen ohne freien Sauerstoff zu leben vermögen, ist bisher noch nicht festgestellt; sie scheint jedoch bei der als Culturpflanze ge-

*) Die Priorität für die Erkenntniß dieser Thatsachen gebührt aber unstreitig Mulder — ohne genauere Kenntniß über die Beschaffenheit der Fermente that er schon in seiner „Chemie des Weines“ pag. 78 den Ausspruch: „Ein wenig Luft mag die Gährung veranlassen, aber für eine gute Hefebildung ist fortgesetzter, gut unterhaltener Luftzutritt erforderlich“.

**) Vergleiche mein Werk: „Die Krankheiten des Weines“, Seite 237 u. ff.

züchteten Gährungspflanze Saccharomyces cerevisiae am größten zu sein und verdankt die Pflanze diese Fähigkeit der Anpassung an die besondere Lebensweise, zu welcher sie durch lange Cultur gezwungen wurde.

Die Feststellung des im letzten Satze erwähnten Verhältnisses wäre in Bezug auf die praktische Seite der Lehre von der Gährung von großer Bedeutung, indem hierdurch sichere Anhaltspunkte dafür gewonnen werden, wann die Hefe gewechselt oder gelüftet werden sollte, während man bis nun hierfür keine anderen Anhaltspunkte als das Schwächerwerden der Gährung besitzt.

Es waren lange und mühevolle Arbeiten nothwendig, um zu den in Vorstehendem ausgesprochenen Thatsachen zu gelangen und verdanken wir dieselben einem lebhaften wissenschaftlichen Streite, der eigentlich bis zur Gegenwart noch nicht völlig beendet ist, welcher aber doch schon zu den vorstehend ausgesprochenen Sätzen geführt hat. Ganz besonders verdanken wir den Untersuchungen Brefeld's Vieles in dieser Richtung, und zwar indem er einerseits durch Aufstellung positiver Sätze die Gährungsfrage direkt förderte, andererseits zur Wiederholung und theilweisen Berichtigung seiner Arbeiten anregte.

Nach älteren Untersuchungen dieses Gelehrten ist die Aufnahme von freiem Sauerstoff für jedes lebende Wesen — dasselbe mag noch so nieder organisirt sein — eine absolute Lebensbedingung, und versuchte er es, diesen Satz auch für die Organismen der Hefe durch direkte Versuche nachzuweisen. Es zeigte sich hierbei, daß die Organismen der Bierhefe, wenn man sie in eine Atmosphäre bringt, welche absolut keinen freien Sauerstoff enthält, nur mehr durch eine ganz kurze Zeit fortwachsen und sodann rasch dem Verfall entgegen gehen — binnen Kurzem sind die Zellen abgestorben. Diese Thatsache, daß bei völligem Abschluß die Hefeorganismen schnell zu Grunde gehen, ist eine ganz feststehende, weniger aber der Schluß, welchen Brefeld damals aus seinen Versuchen zog und welcher dahin ging, daß mit dem Momente, in welchem die Gährungsorganismen keinen freien Sauerstoff mehr antreffen, auch der Moment ihres mit dem Tode endigenden Verfalles gekommen sei.

Nachdem nun, wie schon angedeutet wurde, die sprossende Hefe ein ungemein großes Vermögen besitzt, freien Sauerstoff an sich zu reißen, so ist es klar, daß ganz kurze Zeit, nachdem die Hefe in die gährungsfähige Flüssigkeit gebracht worden, in derselben keine Spur von freiem Sauerstoff mehr vorhanden sein kann und die Hefe von diesem Augenblicke an im absterbenden Zustande sein müßte. Da sie aber gerade in diesem Zeitpunkte die lebhafteste Gährung hervorzurufen im Stande ist, so läßt sich nach Brefeld's früheren Ansichten der ganze Gährungsprozeß als ein solcher Vorgang betrachten, welcher mit dem Erkranken der Hefeorganismen (in Folge Mangels an freiem Sauerstoff) in untrennbarem Zusammenhange steht und wäre demnach der Gährungsprozeß durch eine krankhafte Lebensweise der Hefe bedingt — ein pathologischer Prozeß.

Wenn diese Anschauung die richtige wäre, so müßte in jenem Zeitraume, in welchem noch freier Sauerstoff in der gährungsfähigen Flüssigkeit vorhanden ist, die weitaus größte Menge aller während der Gährung sich bildenden Hefeorga-

nismen producirt werden, bevor die Gährung eigentlich kräftig einsetzt. Es läßt sich aber durch Versuche nachweisen, daß, während die Gährung schon im Gange ist, fortwährend eine Vermehrung der Hefezellen stattfindet; in diesem Stadium kann aber von freiem Sauerstoff in der Flüssigkeit nicht die geringste Spur nachgewiesen werden. Wir müssen demnach an dem Satze festhalten, daß Gährung ohne freien Sauerstoff stattfinden könne, ja, daß gerade das charakteristische des Gährungsvorganges darin liege, daß sich derselbe dann vollzieht, wenn die Gährungsorganismen nicht die genügende, von ihnen zum normalen Lebensproceß erforderte Sauerstoffmenge zur Verfügung haben. Die früher geschilderten Verhältnisse der aus Schimmelpilzen erzogenen Hefe (Mucorhefe) zeigen dies noch deutlicher, als die Saccharomyceshefe, welche dem völligen Luftabschlusse einen viel kräftigeren Widerstand entgegen zu setzen vermag und darum auch als ein viel energischeres Ferment wirkt als Mucorhefe.

Mucor auf der Oberfläche von gährungsfähigen Flüssigkeiten wachsend, bewirkt bei unbeschränktem Sauerstoffzutritt gar keine Gährung, sondern Verwesung, untergetaucht veranlaßt diese Pflanze jedoch sogleich Gährung und üben jene Partien der Mucorhefe, welche zwar schon eingetaucht sind, aber doch noch eine beschränkte Menge von freiem Sauerstoff zur Verfügung haben, wahrscheinlich den größten Gähreffect aus. Die Mucorarten sind aber Pflanzen, welche sich weit weniger dem Leben ohne freien Sauerstoff anzupassen vermögen, als dies bei den Saccharomycesarten der Fall ist: sie stellen daher bald ihre vergährend wirkende Thätigkeit ein und wird, trotzdem noch reichliche Mengen von Zucker in der Flüssigkeit vorhanden sind, kein Alkohol mehr gebildet.

Die oben angedeutete Anschauung Brefeld's, daß die Gährung mit dem beginnenden Absterben der Organismen im Zusammenhange stehe, ändert nach A. Mayer's vollständig richtigem Ausspruche nichts an der Thatsache, daß die Gährung mit dem Lebensprocesse der Hefeorganismen in untrennbarem Zusammenhange stehe, denn das Sterben ist ja nichts anderes als der eine Endpunct in der Kette der Lebenserscheinungen. Die Versuche Pasteur's und Mayer's haben die Brefeld'schen Aussprüche in dieser Hinsicht berichtigt und kann gegenwärtig wohl der Satz: Gährung und Hefevermehrung kann ohne jegliche Mitwirkung von freiem Sauerstoff vor sich gehen, wenn genügend ausgebildete Gährungsorganismen vorhanden sind, als unbestreitbar gelten.

Eine größere Reihe von Versuchen, welche über die sogenannte Lüftung gährender Flüssigkeiten angestellt wurden und auf welche wir noch zurückkommen müssen, hat ergeben, daß die Gährungsorganismen kräftiger wachsen und der Gährungsproceß in Folge dessen energischer verläuft, wenn den Fermentorganismen eine gewisse Menge von freiem Sauerstoff zugeführt wird. Diese Erscheinung steht in völligem Einklange mit den jetzt herrschenden Ansichten über die Gährung: Wir müssen uns nämlich die Existenz der Gährungspilze in einer absolut sauerstofffreien Flüssigkeit als eine solche vorstellen, welche gerade noch die Erhaltung des Organismus, und auch dann nur durch eine gewisse Zeit ermöglicht; die Existenzbedingungen des Pilzes werden aber erheblich bessere, wenn man letzterem von Zeit zu Zeit eine gewisse Menge von freiem Sauerstoff zur Verfügung stellt;

ohne die vergährende Wirkung aufzuheben, kräftigt sich der ganze Organismus so weit, daß eine viel raschere Sprossung eintritt und durch die Vermehrung der wirksamen Zellen der ganze Gährungsvorgang in Bezug auf die Mengen des innerhalb eines gewissen Zeitraumes vergährten Zuckers ein viel rascherer wird.

Daß in diesem Falle die Gährung nicht nur eine raschere, sondern auch eine vollkommenere wird, als wenn dem Gährungspilz gar kein Sauerstoff in freiem Zustande zur Verfügung steht, läßt sich nach unserer Ansicht ebenfalls leicht erklären. Die beiden in größter Menge auftretenden Gährungsproducte: Kohlensäure und Alkohol wirken ganz entschieden als Gifte auf die Gährungsorganismen; die Menge des Alkohols in der Flüssigkeit vergrößert sich aber fortwährend in dem Maße als die Gährung fortschreitet und hört bei einem gewissen Alkoholgehalte der Flüssigkeit die Gährung ganz auf. Wir finden darum selbst in solchen Flüssigkeiten, welche durch lange Zeit gähren können, z. B. im Jungwein nach dem Aufhören der Gährung immer noch gewisse, wenn auch kleine Mengen von Zucker, welche nicht vergährt wurden. Ist hingegen der Gährungspilz durch eine gewisse Zufuhr von Sauerstoff gekräftigt und in sehr lebhafter Vegetation, so werden von den gegen das Ende der Gährung gebildeten jüngsten und kräftigsten Zellen, trotzdem daß die Flüssigkeit schon viel Alkohol enthält, die letzten Reste des Zuckers bewältigt und erfolgt die Gährung in sehr vollkommener Weise. Lüftungsversuche, welche ganz besonders von Blankenhorn mit Weinmost angestellt wurden, haben für die Richtigkeit dieser Thatsache den vollen Beweis geliefert: die gelüfteten Moste vergährten immer vollkommener als die nicht gelüfteten in Obergährung befindlichen. Wir können uns sogar in jeder Flüssigkeit, welche mit Luft in Berührung steht, den Vorgang der Gährung ohne Mitwirkung von freiem Sauerstoff und jenem, bei welchem eine solche stattfindet, denken. Jene Hefezellen, welche an die Oberfläche der Flüssigkeit gehoben werden, nehmen dorten Sauerstoff auf, indeß die in der Tiefe liegenden vergährend wirken; durch die stete Bewegung der Flüssigkeit werden die eben mit Luft in Berührung gestandenen Zellen wieder in die Tiefe geführt und durch andere, welche soeben vergährend gewirkt haben, ersetzt u. s. w. Nur müßte in diesem Falle für ein regelmäßiges Abfließen der auf der Flüssigkeit aufsteigenden Kohlensäure, welche sonst den Luftzutritt ziemlich vollkommen absperrt, gesorgt sein.

Daß bei sehr reichlicher Sauerstoffzufuhr die Gährung gänzlich unterbleiben kann und die Hefe nur wächst und sich vermehren könne, wurde ebenfalls von Brefeld behauptet und durch Hefepilz-Culturen in Bierwürze, welcher man reichlich Luft zuführte, erwiesen; nach sehr reichlicher Vegetation des Hefepilzes war unter diesen Verhältnissen in der Flüssigkeit auch nicht die geringste Menge von Alkohol zu finden. — A. Mayer hat nun gefunden, daß diese Erscheinung nur bei ganz jungen Pilzindividuen stattfinden könne und daß ältere Individuen, ohne zu wachsen, bei Luftabschluß Gährung veranlassen können. — Die in einer gährenden Flüssigkeit vorhandene Hefemasse besteht aber in allen Fällen aus Individuen in den verschiedensten Entwicklungsstadien — von der sich gerade entwickelnden Zelle angefangen bis zu jener, welche eben abstirbt, und müssen wir

uns in Folge dessen in dieser Zahl von Zellen alle Abstufungen der Lebensfunktionen: Wachsthum und Gährung verlaufend denken.

Aus dem vorstehend Gesagten ergibt sich, daß die Einwirkung des Sauerstoffes auf den Verlauf der Gährung eine zweifache sein kann: eine störende und eine begünstigende; ein Uebermaß an Sauerstoff beeinträchtigt die Gährung — bewirkt aber eine reichliche Produktion von Hefe — eine beschränkte Zufuhr von Sauerstoff wirkt günstig auf die Vermehrung der Hefe, ohne jedoch ihre vergährende Wirkung zu beeinträchtigen. Da es nur unter Aufgebot vieler Hülfsmittel möglich ist, den Zutritt des Sauerstoffes absolut von einer gährenden Flüssigkeit fern zu halten, so ergibt sich hieraus, daß die Praktiker unter einem relativ günstigen Verhältniß bei ihren Gährungen arbeiten; der altbekannte Kunstgriff vieler Gährungstechniker, die zur Einleitung einer neuen Gährung verwendete Stellhefe vor dem Eintragen in die Flüssigkeit durch wiederholtes Hin- und Hergießen aus einem Gefäße in's andere zum Schäumen zu bringen, findet hierdurch seine Erklärung: man sucht die Hefe kräftig mit Sauerstoff zu mischen.

Leben ohne Sauerstoff ist nicht denkbar, und müssen auch die Fermentorganismen als lebende Wesen Sauerstoff erhalten; die Untersuchung der Hefeorganismen ergibt, daß sie eine gewisse Menge von Sauerstoff enthalten — sie müssen diesen aber, wenn sie vergährend wirken, einer chemischen Verbindung entreißen — während sie denselben, wenn er ihnen im freien Zustande geboten wird, direct aufzunehmen vermögen; die Fähigkeit, sich den in einer chemischen Verbindung enthaltenen Sauerstoff anzueignen, ist ein charakteristisches Merkmal der Gährungsorganismen und gleichbedeutend mit dem schon angeführten Satze, daß Gährung Leben ohne Luft sei. Die Hefeorganismen decken ihren Sauerstoffbedarf durch einen chemisch-physiologischen Proceß; letzterer vermag aber nur manche Verbindungen in den Kreis seiner Thätigkeit zu ziehen, andere nicht; die ersteren Verbindungen sind gährungsfähig, die letzteren sind nicht gährungsfähig.

Nach den in vorstehenden angeführten Verhältnissen über das Leben der Hefeorganismen als Fermente kann wohl kein Zweifel darüber walten, daß dieses Leben auf die Dauer ein widernatürliches genannt werden muß. Wenn wir die frei lebenden Organismen betrachten, welche echte Alkoholfermente sind — z. B. die Saccharomycesarten, die wir an den Weintrauben vorfinden, so erscheinen diese als mit reifen Sporen gefüllte Asci, und ist der natürliche Gang ihres Lebens der, daß die Sporen in den Saft der endlich durch das Morschwerden der Zellhäute platzenden Traubenbeere eingetaucht — zu sprossenden Hefezellen heranwachsen, welche aber bald wieder mit Luft in Berührung treten und Ascosporen bilden. — Es findet demnach hier eine Art von Generationswechsel zwischen ungeschlechtlicher und geschlechtlicher Vermehrung statt — ein Vorgang, welchen wir auch an manchen viel höher als die Saccharomycesarten stehenden Wesen beobachten können.

Wenn wir aber eine Saccharomycesart zwingen, andauernd die eine Vermehrungsart beizubehalten — jene durch Sprossung — und zwar durch den beständigen Abschluß des freien Sauerstoffes hierzu zwingen — so ist es begreiflich,

daß der ganze Organismus endlich so weit geschwächt werden muß, daß sich alle seine Funktionen vermindern — die Vermehrung und parallell mit derseben auch der Gähreffekt werden geringer, und schließlich ist die Pflanze vollständig erschöpft. — Die außergewöhnliche Energie, mit welcher die Bierhefe Sauerstoff absorbirt, wenn sie mit Luft in Berührung gelangt, zeigt uns deutlich genug, worin das Hauptbedürfniß der durch eine Zeit lang in Flüssigkeit gezogenen Hefeorganismen hinausläuft: die Organismen bedürfen, nachdem sie durch eine größere Anzahl von Generationen ohne freien Sauerstoff gelebt haben, wieder einer gewissen Menge dieses Gases in freiem Zustande, um die ungünstigen Verhältnisse, unter welchen sie bisher leben mußten, ohne Gefährdung ihres Lebens weiter zu ertragen.

Auch in Bezug auf die Veränderung, welche die Hefeorganismen bei zu langem Abschluß von der Luft — das ist vom Sauerstoff erleiden — giebt Pasteur wichtige Aufschlüsse, und es ist bezeichnend genug, daß er die Berührung dieser Organismen mit Sauerstoff gleichsam als eine „Verjüngung" derselben hinstellt. Ganz besonders macht Pasteur darauf aufmerksam, daß es nur dann gelinge, eine Spur von Hefeorganismen, welche auf eine gänzlich von freiem Sauerstoff abgeschlossene — aber gährungsfähige Flüssigkeit ausgesäet wird, zur Vermehrung und gleichzeitig die Flüssigkeit zur Vergährung zu bringen, wenn die ausgesäten Organismen noch sehr jung sind.*) Die wiederholte Beobachtung dieser Thatsache veranlaßte Pasteur zu näheren Untersuchungen über das Verhalten verschieden alter Hefeorganismen unter sonst gleichen Verhältnissen.

Er gelangte in Folge derselben zur Aufstellung weiterer Sätze, welche nicht blos ein wissenschaftliches Interesse haben, sondern auch für die Praxis der eigentlichen Gährungsgewerbe von weitestgehender Bedeutung sind. „Die Zeit, welche zur Keimung der Aussaat (von Gährungsorganismen) und der Hervorbringung jenes Gewichtes von Hefe nothwendig ist, welche die ersten Aeußerungen der Gährung hervorruft, wechselt mit dem Zustand der Aussaat, und ist um so länger, je weiter die Zellen dieser Aussaat von dem Zeitpunkte ihrer Entstehung entfernt sind." — Mit anderen Worten: Nur junge Gährungsorganismen vermögen sich in einer gährungsfähigen Flüssigkeit rasch so weit zu vermehren, daß sie kräftige Gährung hervorrufen können.

Wenn man den Versuch macht, in gewissen Zeiträumen aus gährenden Flüssigkeiten ausgehobene Hefemenge unter dem Mikroskope zu untersuchen, so erkennt man deutlich eine allmälige Aenderung in dem Bau der Zellen. — Anfangs der Beobachtungen erscheinen die Zellen groß, voll, ihre Zellhüllen sind sehr dünnwandig, ihr Protoplasma sehr dünn — beinahe flüssig und die Granulationen kaum erkennbar. Später ändert sich die Beschaffenheit der Zellen in sehr merkbarer Weise: die Zellhüllen werden dicker, das Protoplasma gewinnt an Consistenz, die Granulation wird deutlich wahrnehmbar; zwischen diesen beiden

*) Etudes sur la bière Seite 238.

Endpunkten der Entwickelung besteht selbstverständlich eine ununterbrochene Reihe von Uebergangsformen. Die Zellen nehmen hierbei nur unmerklich an Volumen, wohl aber an Gewicht zu — ein deutlicher Beweis dafür, daß die Lebensthätigkeit und zwar die aufsteigende im Inneren der Zellen fortdauert — ohne daß jedoch diese Zellen mehr eine Lebensenergie besitzen, welche groß genug wäre, um Nachkommenschaft zu produziren — die Zelle vermag eben nur noch die eigene Existenz zu erhalten .... für technische Zwecke ist ein soweit gelangter Organismus werthlos, er wirkt nicht mehr in genügender Weise vergährend.

Damit sich die Gährungsorganismen vollkommen von Sauerstoff abgeschlossen in einer gährungsfähigen Flüssigkeit vermehren können — müssen sie nach der Ansicht Pasteur's außerordentlich jung sein — „voll Leben und Gesundheit, noch unter dem Einfluße der Lebensthätigkeit, welche sie dem freien Sauerstoff verdanken, der bei ihrer Bildung mitgewirkt hat, und welchen sie vielleicht für eine Zeit lang in sich aufgespeichert haben. Je älter sie sind, desto mühevoller vermehren sie sich und altern immer mehr — wenn sie sich vermehren, geschieht dies in absonderlichen Formen. Noch älter bleiben sie gänzlich wirkungslos, solange sie sich in einem sauerstofffreien Mittel befinden; sie sind aber nicht todt — sie können sich vielmehr in überraschender Weise verjüngen, wenn man sie in derselben Flüssigkeit aussäet, nachdem man sie gelüftet hat."

Soweit Pasteur — wir sehen aus seinen Worten, daß er die zeitweilige Lüftung der künstlich gezüchteten Hefe in der Praxis für etwas unerläßliches ansieht — und die praktische Erfahrung muß ihm hierin vollkommen Recht geben. — Wir entnehmen aber seiner Darstellung auch die wichtige Schlußfolgerung, daß nur die ganz junge Zelle, die erst wenige Generationen von ihren mit freiem Sauerstoff in Berührung gewesenen Vorfahren entfernt steht, wirklich vergährend wirkt — und sehen wir hierin eine Ansicht ausgesprochen, welche jener Brefeld's geradezu entgegengesetzt ist. — Letzterer verlegt die vergährende Wirkung der Fermentorganismen in die letzte Periode ihres Lebens, Pasteur in den Jugendzustand — nach Brefeld ist die Gährung durch einen pathologischen Zustand bedingt — nach Pasteur wird sie von der Zelle ausgeübt, so lange dieselbe noch von Lebenskraft strotzt und sich den ungünstigen Verhältnissen für eine gewisse Zeit — und diese Zeit ist jene Periode, in welcher die Zelle als Ferment im eigentlichen Sinne des Wortes wirkt — anzupassen vermag. — Beide Ansichten lassen sich in dem einen Punkte vereinigen, daß das Leben der Fermentorganismen bei Mangel an freiem Sauerstoff, wenn es durch mehrere Generationen in dieser Weise fortgesetzt werden muß, immer ein krankhaftes ist. — Aus den eben angeführten Sätzen Pasteur's schimmert selbst die Ansicht durch, daß die Zelle, um vergährend wirken zu können, sogar noch einen gewissen Vorrath von freiem Sauerstoff gleichsam aufgespeichert haben müsse — eine Voraussetzung, welche sich freilich nur schwer mit der schon erwähnten Energie vereinigen läßt, mit welcher sich die Fermentorganismen des freien Sauerstoffes bemächtigen .... man müßte in diesem Falle die weitere Voraussetzung machen, daß der Zellinhalt den aufgenommenen Sauerstoff in Lösung enthält, denselben erst allmälig aufbraucht und nicht sogleich in chemische Verbindung bringt.

Der in die chemisch-physiologischen Verhältnisse der Gährungsorganismen so tief eingreifende Einfluß, welchen die Gegenwart des freien Sauerstoffes oder dessen Abwesenheit nimmt — scheint sich aber nicht nur auf diese Organismen zu beschränken, sondern eine Eigenschaft zu sein, welche der lebenden Zelle überhaupt im ausgedehnten Maße zukommt. Wenn sich die über diesen Gegenstand bis nun vorliegenden Untersuchungen vollinhaltlich bewahrheiten — und trotz aller möglicher Weise sehr weitgehenden Berichtigungen ist ihnen ein gewisser thatsächlicher Kern nicht abzusprechen — so steht eigentlich die ganze Lehre von der physiologischen Thätigkeit des Pflanzenleibes gegenwärtig am Beginne einer völligen Umwälzung, und gewinnt die Wirkung der Fermentorganismen eine bis nun ganz ungeahnte Ausdehnung.

Der Begriff „Fermentorganismus" läßt sich dann keineswegs mehr auf jene wenigen und bis nun noch nicht einmal botanisch völlig festgestellten Wesen anwenden, welche wir in einem vorhergehenden Abschnitte beschrieben haben — sondern muß geradezu auf die lebende Pflanzenzelle überhaupt ausgedehnt werden. Nach den neuesten Arbeiten in dieser Richtung, von welchen Pasteur den größten Theil geliefert hat, kann jede lebende Pflanzenzelle als Fermentorganismus wirken, wenn nur die äußeren Umstände hierzu geeignet sind. — Wir sind weit davon entfernt, diesen Satz als bestimmt und bewiesen auszusprechen und stellen ihn nur in der vorstehenden Form hin, um zu zeigen, wie ungemein weitgehend die Folgesätze sind, die sich aus manchen Versuchen über die Fermenteigenschaften der Pflanzenzelle im Allgemeinen ziehen lassen.

Die lebende Pflanzenzelle athmet und bedarf hierzu des freien Sauerstoffes — unter diesen Verhältnissen vollziehen sich in ihr eine Reihe von chemischen Processen — als deren Resultat wir das Enstehen gewisser Verbindungen vor uns sehen, die Umwandlung von Stärkemehl in Zucker, jene der Aepfelsäure in Weinsäure in den Trauben u. s. w. sind hierher gehörige Erscheinungen. Wird der Pflanzenzelle der freie Sauerstoff entzogen, so können mehrere Fälle eintreten: die Zelle stellt ihre Functionen ein, sie geht in den Ruhezustand über und stirbt, wenn das anormale Verhältniß zu lange andauert, endlich ab, oder aber sie ist kräftig genug, sich ihren Sauerstoffbedarf auf die Weise zu verschaffen, daß sie denselben chemische Verbindungen entreißt und diese Verbindungen zerfallen macht. Die letztgenannte Thätigkeit der Zelle ist aber jene, welche als die besondere Thätigkeit der Fermentorganismen bezeichnet werden muß; vermag die Pflanzenzelle wirklich ihren Lebensproceß in dieser Weise zu ändern, so ist sie thatsächlich zum Ferment geworden, trotzdem daß sie ein Glied eines höheren Organismus ist. Gehört die Zelle, welche von Sauerstoff abgeschlossen, ihren Sauerstoffbedarf aus chemischen Verbindungen zu entnehmen vermag, einem Gewebe an, welches gährungsfähigen Zucker enthält, so äußert sie nach Pasteur ihre fermentirende Thätigkeit ganz in derselben Weise, wie die Alkoholgährungspilze, d. h. sie zerlegt den Zucker in der Weise, daß Alkohol und Kohlensäure gebildet werden.

In seinem letzterschienenen größeren Werke*) bringt Pasteur in einem beson-

*) Etudes sur la bière. Seite 258 u. ff.

deren Abschnitte seine Untersuchungen über Gährung in zuckerhaltigen Früchten, welche in Kohlensäure getaucht worden; — am Eingange desselben spricht er nachstehenden Satz aus: „Sie (die Gährung) ist die Folge einer Lebenserscheinung, eines Ernährungsphänomens, welches sich unter bestimmten Bedingungen vollzieht, welch' letztere sich aber verschieden von dem Leben aller gewöhnlichen thierischen oder pflanzlichen Wesen äußern; die letzteren vermögen sich aber diesen Bedingungen mehr oder weniger anzupassen, und treten hierdurch in die Reihe der eigentlichen Fermente. — Es versteht sich demnach, daß der Fermentcharakter jedem Organ, jeder thierischen oder pflanzlichen Zelle eigen sein kann, und zwar unter der einzigen Bedingung, daß diese für eine kurze Zeit oder auch auf dauerhaftere Art eine chemische Arbeit vollbringen können, welche in einer Stoffaufnahme oder Stoffabgabe ohne Mitwirkung von freiem Sauerstoff besteht, das heißt mit einem Verbrauch von Wärme, welche bei der Zerlegung eines Körpers, der bei dieser Zersetzung Wärme abgiebt, frei wird."

Wie man aus dem vorstehenden Satze ersehen kann — und es sei bemerkt, daß ihn Pasteur als Einleitung der folgenden Untersuchungen an die Spitze des betreffenden Kapitels gestellt hat — ist jede Zelle, sowohl thierischen und pflanzlichen Ursprunges, fähig zum Fermente zu werden, wenn nur die Verhältnisse solche sind, daß der Zelle kein freier Sauerstoff zu Gebote steht. — Was den zweiten Theil dieses Satzes anlangt, in denen von den Wärmemengen die Rede ist, welche bei dieser Flüssigkeit ins Spiel kommen, so können wir dieselben vorläufig wenigstens übergehen. Die Vorgänge, welche bei der Gährung stattfinden, sind so verwickelter Art, daß es gegenwärtig noch nicht möglich ist, die Arbeitsleistung derselben genau in Wärmeeinheiten auszudrücken. —

In jener originellen Weise, welche alle Schriften Pasteur's charakterisirt, erzählt nun dieser Gelehrte die Ergebnisse seiner Versuche: „Ich möchte wetten (sprach er zu dem Chemiker Dumas), daß, wenn ich eine Weintraube in Kohlensäure tauche, sogleich Alkohol und Kohlensäure gebildet werden wird und zwar durch eine neue Arbeit der Zellen im Inneren der Beeren — diese Zellen werden nach Art der Hefezellen wirken." — Der Versuch entsprach der Voraussetzung und zwar auch nachdem, daß genaue Untersuchungen die Abwesenheit von Fermentorganismen constatirt hatten. — Ermuthigt durch das Ergebniß dieses Versuches wiederholte Pasteur denselben mit gleichem Erfolge an Trauben, an anderen Früchten und selbst an Blättern. — Er untersuchte der Reihe nach Weintrauben, eine Melone, Apfelsinen, Pflaumen, frische Rhabarberblätter — in allen Fällen ergaben diese Substanzen, sobald sie in eine Atmosphäre von Kohlensäuregas getaucht (somit von freiem Sauerstoff abgeschlossen wurden), eine gewisse Menge von Alkohol und Kohlensäure — somit die gewöhnlichen Gährungsprodukte.

Als besonderen Fall führt Pasteur die Ergebnisse an, welche er mit Pflaumen erhalten hatte. — Vierundzwanzig Stück am Vorabend gepflückter reifer Pflaumen wurden in eine Atmosphäre von Kohlensäure gebracht, eben so viele von derselben Sorte lagen der Vergleichung der Ergebnisse wegen an der Luft. Der Versuch dauerte acht Tage und während dieser ganzen Zeit entwickelten die von der Luft abgeschlossenen Pflanzen fortwährend Kohlensäure, und ergaben sich die

folgenden Erscheinungen: Die dem ungehinderten Luftzutritte ausgesetzten Pflaumen waren sehr weich, wässerig und süß geworden — jene, welche in der Kohlensäureatmosphäre verweilt hatten, waren hingegen sehr hart, nicht wässerig und hatten viel Zucker verloren. Nach dem Zerquetschen lieferten sie 6,5 Gramm Alkohol, was auf das ursprüngliche Gewicht bezogen, mehr als 1 Percent betrug.

An diese für die Lehre der Gährungserscheinungen gewiß hochwichtige Thatsache knüpft Pasteur die Mittheilung einer anderen Beobachtung: Zuckerrüben, welche derart aufbewahrt werden, daß die Luft von ihnen möglichst abgeschlossen ist, oder bei denen die sie umgebende Atmosphäre durch Schimmelpflanzen ihres Sauerstoffgehaltes beraubt ist, schwitzen stark sauere Flüssigkeiten aus, und schreibt Pasteur diese Erscheinung dem Eintreten von Schleim-Milchsäuregährung oder anderen Gährungsvorgängen zu; — d. h. er stellt — wenn auch indirect, die Behauptung auf, daß die einem bestimmten Organismus angehörende Pflanzenzelle unter gegebenen Umständen jede Art von Gährung zu veranlassen möge. — Nachdem er einige geschichtliche Daten gegeben, welche auf die Beobachtungen anderer über ähnliche Gährungsvorgänge Bezug haben, stellt Pasteur noch mehrere merkwürdige Sätze auf, welche zeigen, wie sehr dieser in Gährungsfragen gewiß als sehr competent anzusehende Gelehrte — die Begriffe Gährung und Ferment zu erweitern bestrebt ist. Er sagt:*)

„Heutzutage darf man die Gährungsfrage nicht mehr so auffassen, daß für jede Gährung eine bestimmte, feststehende, unveränderliche Gleichung besteht — sondern man muß im Gegentheil annehmen, daß die Gleichung einer Gährung**) wesentlich veränderlich ist mit den Bedingungen, unter welchen sie sich vollzieht, und daß die Aufsuchung dieser Gleichung eine eben so verwickelte Aufgabe ist, als jene der Ernährung eines lebenden Wesens.“ — Und weiter:

„Es ist ferner ganz und gar ungenau, zu behaupten, daß ein einziges unter den Produkten einer Gährung die Gegenwart eines bestimmten Fermentes bedinge. — Findet man z. B. unter den Produkten einer Gährung Alkohol und selbst neben diesem noch Kohlensäure, so deutet dies nicht darauf hin, daß das Ferment eine Alkoholhefe***) der Alkoholgährungen im eigentlichen Sinne des Wortes sein müsse. — Die Gegenwart von Milchsäure bedingt eben so wenig die Nothwendigkeit des Vorhandenseins von Michsäurehefe. — Bestimmte Gährungen können in der That die Veranlassung für die Entstehung eines, selbst mehrerer identischer Produkte geben. Man könnte nur dann behaupten, daß man es mit der Alkoholgährung im eigentlichen Sinne des Wortes zu thun habe, und daß Bierhefe vorhanden sei, wenn man gleichzeitig das Vorhandensein aller zahlreichen dieser Gährung eigenen Produkte festgestellt hat und diese Produkte noch dazu in jenen

*) Etudes sur la bière Seite 268.

**) Unter „Gährungsgleichung“ ist hier die Darstellung der sich bei der Gährung vollziehenden chemischen Prozesse und der hierbei aus gewissen Verbindungen gebildeten Produkte nach stoechiometrischen Gesetzen zu verstehen.

***) Pasteur gebraucht in seinen Schriften das Wort „Hefe“ allgemein in der Bedeutung: Gährungserreger.

Verhältnissen vorhanden sind, welche die Bedingungen auszeichnen, unter denen diese Gährung stattgefunden hat."

Wir haben die vorstehenden Aussprüche Pasteur's in möglichst wortgetreuer Uebersetzung wiedergegeben, um zu zeigen, bis zu welchen weitgehenden Anschauungen dieser Forscher über die Gährungsfrage gelangt ist. Wenn diese Sätze sich in der Weise bewahrheiten, daß sie allgemeine Gültigkeit haben, so ist dies gleichbedeutend mit dem Zusammensturze des ganzen Lehrgebäudes über die Gährungstheorie, welches wir heute noch als richtig anerkennen müssen. — Es fällt dann nicht nur der chemisch-physiologische Theil dieser Theorie, an welchem Pasteur so werkthätigen Antheil genommen hat — sondern es fällt damit auch gleichzeitig das Ergebniß aller Arbeiten, welche bezüglich der Feststellung der botanischen Verhältnisse der Gährungsorganismen unternommen wurden, — indem der Begriff: „Gährungsorganismus" mit jenem „lebenden Zelle" zusammenfällt.

„Jede Zelle vermag jede Gährungsform (Alkohol-Milchsäure-Essiggährung ꝛc.) zu veranlassen, wenn sie keinen freien Sauerstoff zur Verfügung hat — die Art der Gährung und der bei derselben entstehenden Produkte ist blos von äußeren Umständen, der Art, in welcher die Zellen ernährt werden, und der Temperatur, bei welcher dies geschieht — abhängig" .... wird der Fundamentalsatz der Gährungstheorie der Zukunft lauten .... vorausgesetzt, wir wiederholen dies abermals — daß die Pasteur'schen Sätze allgemeine Gültigkeit erlangen.

Wir schließen diesen Absatz über die Athmung der Gährungsorganismen mit folgendem auf die vorstehenden Angaben Bezug nehmenden Satz:*) „Kurz zusammengefaßt, ergiebt sich, daß die Gährung eine sehr allgemeine Erscheinung ist. Sie ist das Leben ohne Luft, das Leben ohne freien Sauerstoff, oder noch allgemeiner ausgedrückt, sie ist die Folge einer chemischen Arbeit, die mit Hülfe einer gährungsfähigen Substanz vollbracht wird, welche fähig ist, durch ihre Zersetzung Wärme zu liefern — eine Arbeit, welche genau die Wärme, die sie verzehrt, einem Theil der Wärme entnimmt, welche durch die Zersetzung dieser gährungsfähigen Substanz in Freiheit gesetzt wird."

---

*) Etudes sur la bière Seite 261.

VII. Die Ernährungsbedingungen der Gährungs-Organismen.

Der Sauerstoff — zuerst in freiem — später in gebundenem Zustande ist unter allen Nährstoffen der Fermentorganismen eigentlich der wichtigste — er ist — so zu sagen die Triebfeder, welche das ganze Räderwerk der physiologisch-chemischen Vorgänge, die sich in der Zelle abspielen, in's Rollen bringt — und übt hier dieselben Funktionen, welche wir in allen — auch den höchstausgebildeten Organismen wahrnehmen; — die chemische Vereinigung der in der Zelle enthaltenen Stoffe mit dem Sauerstoffe, liefert Wärme — das ist: Kraft, und diese äußert sich wieder durch Bewegung: durch Umformung der Bestandtheile der Organismen und ihrer Nährflüssigkeiten.

Als ein complicirt zusammengesetzter Organismus bedarf aber die Fermentzelle neben Sauerstoff noch vieler anderer Stoffe, und genügt ein Blick auf die Elementaranalysen der Hefe, um erkennen zu lassen, daß auch diese nieder stehenden Wesen die überwiegende Mehrzahl aller jener Stoffe zu ihrer Ernährung bedürfen, welche von den höchststehenden Organismen beansprucht werden. — Wir finden in der Fermentzelle neben Albuminverbindungen und Körpern aus der Reihe der sogenannten Kohlehydrate und Fett noch manche andere vielleicht sehr zahlreiche Verbindungen — wie erwähnt, sind unsere Kenntnisse über die in der Hefezelle normal vorhandenen Verbindungen noch äußerst lückenhaft.

Es braucht nun nicht besonders hervorgehoben zu werden, daß die Fermentorganismen nur in einer solchen Flüssigkeit leben und sich vermehren können, welche alle jene Elemente enthält, die durch die Analyse in den Organismen nachgewiesen sind. — Neben dieser selbstverständlichen Sache fällt aber noch die Quantität der einzelnen Stoffe und die Form der chemischen Verbindungen, zu welchen sie vereinigt sind, schwer in's Gewicht, wenn es sich um die Frage der Ernährung der Fermentorganismen handelt. Die Analyse zeigt uns, daß sich der Leib der Fermentorganismen aus drei Gruppen von Verbindungen aufbaut — den stickstoffhaltigen, stickstofffreien und den sogenannten Aschensalzen und

müssen in der Nährflüssigkeit der Organismen stets Körper aus diesen drei Gruppen in solcher Form vorhanden sein, daß sie von der Zelle assimilirt werden können, wenn sich dieselbe überhaupt in normaler Weise entwickeln soll.

Der außerordentliche Reichthum der Fermentorganismen an stickstoffhaltigen Verbindungen mußte die Aufmerksamkeit jener, welche sich mit der Frage über die Ernährung dieser Organismen beschäftigten, in erster Reihe darauf lenken, zu ermitteln, in welcher Form der Stickstoff am leichtesten von den Organismen aufgenommen und zu den Bestandtheilen des Zellenleibes verarbeitet werden kann — eine Frage, die mit jener der Zucht kräftigwirkender Hefe für industrielle Zwecke in engstem Zusammenhange steht. A. Mayer, Pasteur und Andere haben sich mit diesem Gegenstande beschäftigt und die Frage, wenn auch nicht völlig gelöst — so doch der Lösung näher gebracht. In besonders eingehender Weise sind die Arbeiten A. Mayer's ausgeführt, und zielen dieselben speciell dahin, die Gesetze der Ernährung der Gährungsorganismen wissenschaftlich zu begründen. Wir werden auf das Wesentliche der Arbeiten dieses Gelehrten, welcher sie seiner Zeit in einer besonderen Abhandlung zusammenfaßte,*) später aber bedeutend erweiterte, noch zurückkommen müssen — vorerst wollen wir einige Worte über jene Nährflüssigkeiten der Gährungsorganismen sagen, welche denselben gewöhnlich zur Verfügung stehen.

Die Flüssigkeiten, welche in verschiedenen Industriezweigen durch den Lebensprozeß der Gährungsorganismen verändert werden, sind entweder direct Pflanzensäfte — Traubenmost und Säfte von anderen Früchten (Aepfel, Pflaumen, Pfirsichen, Kirschen), oder sie bestehen aus Auszügen von Pflanzentheilen, die zur Vergährung gebracht werden. Zu den letztgenannten gehört die Bierwürze und die Branntweinmaische, welche beide durch Extraction des durch Keimen veränderten Getreides — des Malzes — entstehen.

Wenn wir eine dieser Flüssigkeiten sich selbst überlassen, so beginnt dieselbe unter entsprechenden Temperaturbedingungen zu gähren, nur sind die Erscheinungen, welche sich zeigen, bei den verschiedenartigen Flüssigkeiten etwas von einander abweichende. Der Traubenmost so wie die Säfte der anderen vorgenannten Früchte gehen stets in die sogenannte geistige Gährung (bei welcher vorwiegend Alkohol und Kohlensäure gebildet werden) über — wie schon an früherem Orte auseinander gesetzt wurde, haften ja an der Oberfläche der reifen Trauben und anderer Früchte zahllose Gährungsorganismen in einem solchen Entwickelungsstadium, daß sie sich in kurzer Zeit sprossend zu entwickeln vermögen und als Ferment wirken. — Wenn wir eine Bierwürze der Luft darbieten, so lassen sich in kurzer Zeit sehr zahlreiche Organismen in derselben nachweisen und zeigt das Mikroskop, daß sämmtliche Organismen in lebhafter Entwickelung begriffen sind. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle gewinnen aber die Alkohol bildenden Fermente (die Saccharomycesarten) die Oberhand in der gährenden Flüssigkeit und werden durch die sich aus der Flüssigkeit entwickelnde Kohlensäure, welche auf derselben als

---

*) Untersuchungen über die alkoholische Gährung, den Stoffbedarf und den Stoffwechsel der Hefepflanze; Heidelberg 1869.

Luft abschließende Decke lagert, gewisse Fermente ganz in ihrer Thätigkeit gehindert, wie z. B. das Essigferment, andere wenigstens sehr stark an Wirksamkeit beschränkt.

Ist einmal dieses Stadium der Entwickelung der Saccharomycesarten in der Flüssigkeit eingetreten, so werden, wenigstens für die Dauer der eigentlichen Gährung, alle anderen Organismen in den Hintergrund gedrängt und bestehen die sich aus der Flüssigkeit ausscheidenden Hefemassen neben nicht organisirter Substanz ausschließend aus den Zellen des Alkoholfermentes. Die Methode, nach welcher in einigen Ländern Bier durch die sogenannte freiwillige Gährung, d. h. ohne Zusatz eines Fermentes, dargestellt wird, liefert den deutlichen Beweis dafür, daß nach einiger Zeit die Alkoholfermente fast immer die Konkurrenz aller anderen Fermente besiegen und die Flüssigkeit wirklich in echte Alkoholgährung übergeht.

Bekanntlich wird aber die Vergährung der Würze durch freiwillige Gährung von der übergroßen Mehrzahl der Gährungs-Chemiker nicht gut geheißen; die Fälle, in welchen es in der Würze überhaupt gar nicht dazu kommt, daß ausschließlich Alkoholgährung stattfindet, gehören zwar zu den selteneren, andere wichtige Umstände sprechen gegen die freiwillige Gährung. Wie wir oben sagten, treten verschiedene Fermente in Wirksamkeit und gelangen dieselben aus der Luft des Gährungsraumes in die Flüssigkeit; in derselben sucht jedes Ferment sich möglichst zu ernähren und zu vermehren, bis schließlich in dem Kampfe ums Dasein in der Mehrzahl der Fälle das Alkoholferment — aber nicht in allen — zur Herrschaft gelangt. Es ist nun selbstverständlich, daß die Produkte, welche von den verschiedenartigen Fermenten gebildet werden, sofern sie nicht selbst von dem Alkoholfermente verändert werden können, in der Flüssigkeit verbleiben und dieselben zu ihrem Nachtheile verändern. So finden wir z. B. in allen sogenannten selbstgährigen Bieren verhältnißmäßig große Mengen von Milchsäure, welche durch die Thätigkeit des Milchsäurefermentes gebildet werden, und sich dem an die specifischen Eigenschaften dieser Biere nicht gewöhnten in sehr unangenehmer Weise bemerkbar machen. Um die Entstehung dieser durch Nebengährung veranlaßten Produkte zu hindern, schlägt man bekanntlich fast überall in der Brautechnik den Weg ein, die Würze mit einer sehr großen Zahl fortpflanzungsfähiger Organismen der Alkoholgährung (Hefe in industriellem Sinne) zu versehen, um durch die rasch und mächtig eingeleitete Alkoholgährung den fremden Fermenten die Möglichkeit der Ausbildung zu benehmen.

In ganz ähnlicher Weise, wie bei dem sogenannten „Stellen" der Bierwürze mit Hefe, verfährt man in der Branntweinbrennerei, nur mit dem Unterschiede, daß man hier fast immer absichtlich zwei Fermente neben einander zu ziehen sucht, Alkohol- und Milchsäureferment, um durch die Gegenwart des letzteren die Bildung von Milchsäure und in Folge dessen gewisse Nebenzwecke zu erreichen.

Aus dem eben Gesagten ergiebt sich aber, daß der Traubenmost und andere Fruchtsäfte, sowie Bierwürzen und Branntweinmaischen alle Stoffe enthalten müssen, deren die Alkoholgährungsfermente bedürfen, und zwar in solchen Mengen,

daß genügend Nahrung vorhanden ist, um die Gährungsorganismen zu solcher Entwickelung zu befähigen, daß die Gährung vollständig zu Ende geführt wird. Es bieten demnach die mehrfach erwähnten Flüssigkeiten offenbar den Alkoholfermenten ausgezeichnete Nahrungsmittel. — Traubenmost, Fruchtsäfte, Bierwürze u. s. w. enthalten aber neben Zucker, Wasser und Salzen noch eine gewisse Summe von anderen sogenannten Kohlehydraten nebst Eiweißverbindungen und letztere, wie es scheint, gerade in jener Form, in welcher sie am geeignetsten sind, um die Gährungsorganismen gut zu ernähren. Es sind somit alle jene Stoffe vorhanden, aus welchen sich der Leib der Zelle aufbaut: stickstofffreie und stickstoffhaltige Verbindungen neben Aschensalzen und finden wir gerade in allen oben genannten Flüssigkeiten vorwiegend Kali, Kalk und Phosphorsäure als Aschenbestandtheile vor. Aus dem, was wir bis nun über die Bestandtheile der Gährungsorganismen wissen, bestehen dieselben aus stickstofffreien und stickstoffhaltigen Körpern und können wir als Repräsentanten dieser den in der Flüssigkeit enthaltenen Zucker und das Eiweiß ansehen; die stickstoffhaltigen Körper und die Aschensalze, welche die Gährungsorganismen enthalten, können nur aus der Nährflüssigkeit selbst bezogen werden und sind sie in dieser schon in solchen Formen vorhanden, daß selbe von den Fermentorganismen leicht aufgenommen, und man kann gegenwärtig wohl schon den Ausdruck gebrauchen — verdaut werden.

Daß die Gährungsorganismen der Alkoholgährung so außerordentlich kräftig in Flüssigkeiten gedeihen, welche in ihrer Zusammensetzung dem Weinmoste oder der Bierwürze nahe kommen, scheint uns seinen Grund ganz besonders in der Anpassung dieser Organismen an die gegebenen Verhältnisse zu haben. Die an den Trauben vorhandenen Sporen müssen stets in einer Flüssigkeit als Ferment wirken, deren Zusammensetzung, je nach dem Jahrgange, innerhalb gewisser Grenzen schwankt — seit unzähligen Generationen mußte sich der Organismus daran gewöhnen, die dem Traubenmoste eigenthümlichen stickstofffreien und stickstoffhaltigen Verbindungen neben den Aschensalzen zu assimiliren und ist diese Angewöhnung schon so weit ausgebildet, daß eine anscheinend geringe Aenderung in der Zusammensetzung der Nährflüssigkeit schon erheblichen Einfluß auf den Verlauf des ganzn Gährungsvorganges nimmt.

Jenes Alkoholferment, welches wir absichtlich als Culturpflanze erziehen (Saccharomyces cerevisiae), hat sich in Folge der durch unzählbare Generationen fortgesetzten Cultur unter bestimmten Verhältnissen den in den betreffenden Flüssigkeiten, in welchen es Gährung einleiten soll, vorhandenen Nährstoffen angepaßt und vermag auch hier die Gährung vollständig durchzuführen und sich kräftig zu vermehren. — Die Anpassungsfähigkeit des als Culturpflanze gezogenen Alkoholfermentes an gegebene Verhältnisse ist übrigens eine bedeutendere, als jene der anderen frei lebenden Alkoholfermente. — Wir sehen z. B. schon an dem Traubenmoste, daß ein etwas größerer Säuregehalt desselben sehr verzögernd auf die Entwickelung der Gährungsorganismen einwirkt und die Wirkung des Fermentes in Folge dessen bisweilen schon aufhört, wenn noch unvergohrener Zucker in der Flüssigkeit vorhanden ist. — Das cultivirte Alkoholferment vermag hingegen weit leichter in Flüssigkeiten zu leben, deren Bestandtheile in quanti=

tativer Beziehung wenigstens sehr von einander abweichen — der Gährungsvorgang findet aber trotzdem in regelmäßiger Weise statt.

Ehe wir auf die nähere Erörterung der Form jener Stoffe eingehen, deren die Fermentorganismen bedürfen, müssen wir uns etwas mit der Frage beschäftigen, auf welche Weise die Organismen ihre Nährstoffe aufnehmen. — Ueber diesen Gegenstand ist eigentlich kein Zweifel möglich, wenn wir uns die Organisation der Zelle ins Gedächtniß rufen. Die Zelle besteht bekanntlich aus einer Zellhülle, die ein zusammenhängendes Gewebe ohne erkennbare Oeffnungen bildet und dem flüssigen Zelleninhalte; der Austausch von Stoffen, welche in der Flüssigkeit enthalten sind, und jenen, die sich in der Zelle selbst befinden, kann nur durch die Wand der Zellhülle vor sich gehen und zwar durch jenen Vorgang, welchen wir in der ganzen organischen Natur beobachten können — durch Endosmose und Exosmose. — Wir müssen uns daher zwischen dem Zellinhalte und der Flüssigkeit, von welchem die Zelle umgeben ist, einen beständigen Austausch von Stoffen vorstellen, welche entweder in die Zelle oder aus derselben dringen.

Mit der Ernährung — das ist Stoffaufnahme — sehen wir aber in der ganzen organischen Welt Stoffausscheidung in untrennbarem Verbande — es ergiebt sich hieraus von selbst die Schlußfolgerung, daß die Zelle auch Stoffe an die sie umgebende Flüssigkeit abtritt. Wir sind gegenwärtig in der Kenntniß der Lebenserscheinungen der Gährungsorganismen schon so weit gelangt, daß es möglich ist, unumstößliche Beweise für das Stattfinden des Stoffwechsels in diesen Wesen durch den Versuch beizubringen und entfallen hierdurch viele von den Fragen, welche man über die Ernährung dieser niederen Pflanzen aufgeworfen hat. — Wir wissen gegenwärtig, daß der Ernährungsproceß der Gährungsorganismen nach denselben Gesetzen vor sich geht, wie jener der höher organisirten Pflanzen — der einzige tief einschneidende Unterschied, welcher aber die Fermente überhaupt vor allen anderen Lebewesen auszeichnet und denselben gleichsam eine ganz besondere Stellung in der Natur zuweist, liegt darin, daß sie die Fähigkeit haben, durch außergewöhnlich lange Zeit ihr Leben ohne Mithülfe des freien Sauerstoffes zu erhalten und mit jener Sauerstoffmenge leben können, welche sie aus chemischen Verbindungen beziehen. — Im Uebrigen finden wir die Ernährungsbedingungen für die Gährungsorganismen so ziemlich gleichlaufend mit jenen der höheren Pflanzen und läßt sich aus der Vermehrungsweise der frei lebenden Gährungsorganismen, so wie aus dem Streben derjenigen, welche in Flüssigkeiten getaucht sind, mit Luft in Berührung zu kommen, entnehmen, daß auch in Bezug auf die directe Aufnahme von Sauerstoff die Alkoholfermente sich den höheren Gewächsen gleich zu stellen bemüht sind.

Die Fragestellung über die Ernährung der Gährungsorganismen bezog sich sowohl auf die Elemente, deren sie bedürfen, um ihren Leib aufzubauen, als auf die Form der Verbindungen, in welchen die Elemente vorhanden sein müssen, um die Pflanze kräftig zu ernähren. Was den ersten Theil der Frage anlangt, ist die Entscheidung nicht schwierig: eine Flüssigkeit, in welcher der Organismus kräftig gedeihen soll — es darf nicht übersehen werden, daß derselbe ohnehin, so lange er vergährend wirkt, in Folge des Mangels an freiem Sauerstoff mit

ungünstigen Ernährungsverhältnissen zu kämpfen hat — muß unbedingt alle jene Körper enthalten, welche sich durch die Elementaranalyse in gesunder Hefe nachweisen lassen. — Wie wichtig die Aschensalze für die Ausbildung der Gährungsorganismen sind, geht aus den diesbezüglichen Untersuchungen A. Mayer's hervor, nur können wir uns eben so wenig die Existenz der Bierhefe ohne Kali und Phosphorsäure denken, als jene des menschlichen Organismus ohne diese Körper.

Der wichtige Theil der Frage liegt darin: Welche Form der Verbindungen ist die geeignetste, um die Gährungsorganismen kräftig zu ernähren? und besitzen wir über diesen Gegenstand bis nun eine zwar noch unvollkommene Versuchsreihe, aus der sich aber einige wichtige Schlüsse ziehen lassen. — Daß die Gährungsorganismen sowohl freien als gebundenen Sauerstoff aufzunehmen vermögen, ergiebt sich aus der Darlegung, welche wir in dem Absatze über die Athmung dieser Organismen gegeben haben. — Mit Bezug auf diesen Umstand entstand die Frage nach der Form, in welcher die Fermente Stickstoff in sich aufzunehmen vermögen, und wurde dieselbe in mehrfacher Richtung gestellt. . . . Zuerst: Ist die Hefe (d. h. hier die Gährungsorganismen) im Stande, ihren Bedarf an Stickstoff direct aus der Luft zu decken — vermag sie mit anderen Worten freien Stickstoff zu assimiliren? — Die neueren Untersuchungen über diesen Gegenstand haben uns den Beweis geliefert, daß dies nicht der Fall sei — wir müßten sonst im Stande sein, in einer Flüssigkeit, welche keinen Stickstoff, aber sonst alle anderen zur Ernährung der Gährungsorganismen erforderlichen Körper enthält, eine ganz geringe Zahl von Hefezellen in's unendliche zu vermehren, wenn nur die Luft Zutritt hat; der Erfolg lehrt, daß in diesem Falle selbst die der Flüssigkeit zugefügten Zellen sehr bald zu Grunde gehen.

Eine weiter sich ergebende Frage war jene, ob den Gährungsorganismen die Fähigkeit zukomme, Stickstoff in jener einfachen Verbindungsform aufzunehmen, in welcher er von den höheren Pflanzen assimilirt werden kann, nämlich in Gestalt von Ammoniak. — Bei der Einfachheit des Körperbaues dieser Wesen und ihrer außergewöhnlichen Energie in chemischer Beziehung stand zu erwarten, daß sich die Gährungsorganismen vollkommen durch Ammoniakverbindungen ernähren lassen — daß dem aber nicht so sei, ist ebenfalls durch Versuche constatirt worden*) — es hat sich aus denselben vielmehr die überraschende Thatsache ergeben, daß die Ammoniakverbindungen zwar die Gährungsorganismen mit der erforderlichen Stickstoffmenge zu versorgen vermögen, aber im Ganzen genommen ein schlechtes Nahrungsmittel für dieselben abgeben. — Die Vermehrung der Organismen und der Gähreffekt wird sehr verringert, wenn man denselben blos jenen Stickstoff zur Verfügung stellt, welcher in Ammoniaksalzen enthalten ist.

Aus den Versuchen, welche mit anderen verschiedenen stickstoffhaltigen Verbindungen angestellt wurden, ergab sich, daß die Gährungsorganismen besonders leicht jenen Stickstoff aufnehmen, der sich in hochzusammengesetzten und

---

*) und zwar wieder durch A. Mayer; vergleiche dessen oben erwähnte Schrift: Untersuchungen über die alkoholische Gährung.

leicht zerleglichen Verbindungen vorfindet, ohne daß dieser Satz jedoch allgemeine Geltung besäße. — Hühnereiweiß — gewiß eine sehr hochzusammengesetzte Stickstoffverbindung ist nach Pasteur ein schlechtes Nahrungsmittel für diese Organismen; aus meinen Versuchen bin ich zu der Gewißheit gelangt, daß die im Fleischextract enthaltenen Stickstoffverbindungen ebenfalls nur ein unzureichendes Nahrungsmittel für die Gährungsorganismen abgeben.

Die Fähigkeit der Gährungsorganismen, Stickstoff aus höher zusammengesetzten Verbindungen aufzunehmen — und unter diesen wieder gewisse leichter, andere schwieriger zu verdauen, erinnert lebhaft an die Ernährung des thierischen Organismus. Wie schon angedeutet, vermögen aber die Gährungsorganismen zur Noth auch von dem Stickstoff zu leben, welcher ihnen in Form von Ammoniakverbindungen geboten wird, und stehen in dieser Beziehung wieder zwischen dem thierischen und pflanzlichen Organismus. Es sei hier noch erwähnt, daß es nach neuen Beobachtungen Darwin's zwar auch hochstehende Pflanzen giebt, welche Stickstoff in Form hochzusammengesetzter Verbindungen aufzunehmen vermögen — (die sogenannten fleischfressenden Pflanzen) eine Thatsache, welche aber einfach zeigt, daß wir den Unterschied zwischen Thier und Pflanze in Bezug auf die Ernährungsfrage keineswegs so schroff auffassen dürfen, als dies bis nun der Fall war.

Jene stickstoffhaltigen Körper, welche bei der Fäulniß höher zusammengesetzter Verbindungen auftreten — sich auch unter den Faulnißprodukten der Hefe vorfinden, scheinen der Mehrzahl nach untauglich zur Ernährung der Gährungsorganismen zu sein.

Den Bedarf an Kohlenstoff decken die Gährungsorganismen aus verschiedenen Verbindungen, und scheinen sich dieselben am leichtesten jenen Kohlenstoff aneignen zu können, welcher in Form von sogenannten Kohlehydraten vorhanden ist — daß aber der Gährungsorganismus auch unter diesen eine gewisse Auswahl trifft — erhellt aus der Thatsache, daß die in der Nährflüssigkeit enthaltenen Kohlehydrate durch die Organismen zuerst in eine bestimmte Form gebracht werden, ehe sie vergährt*) werden. Die Fähigkeit der Gährungsorganismen Kohlenstoff aus Verbindungen aufzunehmen, erstreckt sich aber wahrscheinlich auf eine größere Gruppe von Verbindungen, unter welchen gewisse organische Säuren besonders hervorzuheben sind. Wir sehen z. B. bei der Gährung von Fruchtsäften, welche Weinsäure, Aepfelsäure u. s. w. enthalten, stets einen Theil dieser Säuren verschwinden — dieselben werden von den Gährungsorganismen assimilirt, und liegt kein Grund dafür vor, anzunehmen, daß der Kohlenstoff, der sich in ihnen vorfindet, nicht auch von dem Organismus zum Aufbau seines Leibes verwendet werde; — ebenso wahrscheinlich ist es, daß auch jener Kohlenstoff,

*) In gewissem Sinne läßt sich diese Umformung der Kohlehydrate selbst schon als ein Gährungsvorgang auffassen — in Berührung mit Hefe geht eine Lösung von Rohrzucker rasch in ein Gemenge von zwei Zuckerarten über, welche dann wieder in die gewöhnlichen Gährungsprodukte zerfallen.

welcher sich in den Stickstoffverbindungen vorfindet, von der Pflanze assimilirt werde.

Wie ungemein zart der Organismus der Gährungspflanzen beschaffen ist, ergiebt sich, neben seiner Eigenschaft, nur gewisse Stickstoffverbindungen mit Leichtigkeit aufzunehmen, ganz besonders aus seinem Verhalten gegen verschiedene Salze — schließt man beispielsweise das Kalium aus der Reihe der Aschenbestandtheile, die in der Nährflüssigkeit vorhanden sind, aus, so kann die Pflanze ebenso wenig gedeihen, als wenn ihr Stickstoff oder Kohlenstoff entzogen würde.

Aus den vorstehenden Andeutungen über die Ernährungsverhältnisse der Gährungsorganismen läßt sich entnehmen, daß letztere trotz der Einfachheit ihres Körperbaues so ziemlich die gleichen Ansprüche an die Gegenwart bestimmter Elemente und das Vorhandensein bestimmter Verbindungen stellen, wie die höher stehenden Lebenswesen — ja in Bezug auf die stickstoffhaltige Nahrung läßt sich sogar eine sehr strenge Auswahl in der Form der Nahrungsmittel annehmen, und gilt ziemlich das gleiche von den Nährsalzen. Nur in Bezug auf die stickstofffreien Nahrungsmittel scheint ein etwas größerer Spielraum zu walten, und vermögen die Gährungsorganismen den Kohlenstoff aus verschiedenartigen Verbindungen zu beziehen.

Die Ausscheidungsprodukte der Gährungsorganismen sind bis nun nur unvollkommen studirt, und liegt eine Hauptschwierigkeit für die diesbezüglichen Untersuchungen in dem Umstande, daß wir bis nun noch nicht bestimmt wissen, welche von der Hefe produzirten Körper als eigentliche Ausscheidungsprodukte, und welche als Gährungsprodukte zu betrachten sind. — Glycerin ist z. B eines jener Produkte, das in Flüssigkeiten, welche die Alkoholgährung durchmachen, constant aufzutreten scheint — dasselbe ist aber unter geeigneten Umständen selbst gährungsfähig, und entsteht daher die Frage, ob dasselbe mit Bezug auf die Gährungsorganismen als Ausscheidungs- oder Gährungsprodukt zu betrachten sei? Nach einer Anschauung, für welche viele Gründe sprechen, fallen in Bezug auf die Gährungsorganismen die Begriffe Ausscheidungsprodukt und Gährungsprodukt vollständig in einander, denn nach dieser Ansicht werden alle in Folge der Gährung entstehenden Körper unmittelbar aus dem Gährungsorganismus abgeschieden, und kommt es nur auf die Umstände an, ob gewisse Produkte von dem Organismus ausgeschieden oder von demselben noch weiter in einfachere Verbindungen zerlegt werden.

Als ein Beispiel für die letzterwähnte Thatsache scheint uns in dem Vorhandensein des Glycerins in gegohrenen Flüssigkeiten zu liegen. Nach den bis nun über diesen Gegenstand vorliegenden Untersuchungen, ist man zu der Annahme berechtigt, das Glycerin für ein normales Gährungsprodukt zu halten, indem man es in der gährenden Flüssigkeit stets nachweisen kann. Die Mengen, in denen es aber in den vergohrenen Flüssigkeiten vorkommt, variirt innerhalb so weiter Grenzen, daß man wohl berechtigt ist, die Frage aufzuwerfen, ob die Gährungsorganismen nicht die Fähigkeit haben, unter günstigen Verhältnissen Glycerin noch weiter zu verändern, und ist die Möglichkeit dieser Veränderung in der Gährungsfähigkeit des Glycerins selbst gegeben. Es ist möglich, daß hohe Gährungstemperaturen

der Entstehung größerer Mengen von Glycerin günstig sind — wenigstens findet man in den Südweinen fast immer Glycerinmengen, welche jene in den Weinen aus nördlichen Gegenden bedeutend übertreffen.

Wir haben schon an früherer Stelle die Möglichkeiten auseinandergesetzt, welche bei der Gährung statthaben können (vergl. Seite 136), und dorten angeführt, daß man die Annahme machen kann, die Gährungsorganismen produziren Körper, welche die Fähigkeit haben, die gährungsfähigen Verbindungen zu zerlegen — oder die Gährung vollzieht sich in der Weise, daß die zu vergährenden Substanzen von den Hefepilzen verzehrt werden und dafür die Gährungsprodukte abgeben. — Nach der letzteren Anschauung wären die Gährungsprodukte in Wirklichkeit als Auswurfsstoffe der Hefeorganismen zu betrachten.

Es wurde gegen diese Anschauung des Gährungsvorganges das Bedenken geltend gemacht, daß das eine der Gährungsprodukte — der Alkohol für den pflanzlichen Organismus Gift sei, und man sich daher nicht gut vorstellen könne, daß dieser Körper von der Pflanze selbst produzirt werde. Der Begriff Gift ist aber ein relativer und läßt sich denken, daß der Alkohol, welcher aus einer Fermentzelle abgeschieden wird, sich in so verdünntem Zustande befindet, daß er den Bestand des Organismus nicht schädigt, welcher übrigens diesen Körper als Auswurfsstoff behandelt und abstößt. Erst wenn die Nährflüssigkeit eine große Menge von Alkohol enthält, wirkt dieser auf die Gährungsorganismen nachtheilig, und hört jede Gährung auf, wenn auch alle Nährstoffe der Hefepilze noch in genügender Menge vorhanden sind. — Man kann diesen Vorgang recht wohl mit jenem der Athmung bei den Thieren vergleichen; das Thier athmet Kohlensäure aus — ein tödtliches Gift für jeden thierischen Organismus — es vermag aber ohne Nachtheile in einer Atmosphäre zu leben, welche eine gewisse Menge von Kohlensäure enthält, und wirken erst größere Kohlensäure-Mengen in schädlicher Weise auf den Lebensproceß der Thiere ein.

Die Gährungsorganismen bedürfen zu ihrer Ernährung, wie gezeigt, dieselben Stoffe, deren die höheren Organismen bedürfen — und nähern sich durch die Fähigkeit höher zusammengesetzte Verbindungen zu assimiliren, der Ernährungsweise der Thiere — obwohl sie auch zur Noth in Bezug auf den Stickstoffbedarf mit Ammoniakverbindungen gleich den höheren Pflanzen ausreichen können. — In Bezug auf die mineralischen Stoffe, welche zum Leben der Gährungsorganismen erforderlich sind, finden wir den Bedarf an gewissen Körpern, sowie bei den höheren Pflanzen und den Thieren als eine unerläßliche Grundbedingung der Erhaltung des Lebens. Uebrigens sei schon hier erwähnt, daß sich gerade mit Rücksicht auf das Bedürfniß an Mineralstoffen seitens der Gährungsorganismen gewisse Abweichungen von den übrigen Naturwesen zeigen.

Als sehr wichtige Factoren für das Gedeihen der Gährungsorganismen müssen Wasser und Temperatur bezeichnet werden, und sollen die über dieselben bekannt gewordenen Untersuchungen in einem besonderen Abschnitt besprochen werden. — Vorerst haben wir unsere Aufmerksamkeit auf jene Untersuchungen zu richten, welche speciell über die Ernährung der Gährungsorganismen angestellt wurden. — Die Zahl derselben ist verhältnißmäßig noch sehr gering, und ver-

danken wir eine streng wissenschaftliche Untersuchung über die Ernährung des Hefepilzes durch Stickstoffverbindungen und Salze lediglich der Arbeiten A. Mayer's. — Pasteur hat zwar über diesen Gegenstand auch manche wichtige Thatsache mitgeiheilt, ohne jedoch Untersuchungen über die Ernährung der Gährungsorganismen in so zusammenhängender Weise zugeben, wie dies A. Mayer gethan hat.

Wie eben erwähnt, beschränken sich die Untersuchungen A. Mayer's auf den Bedarf der Gährungsorganismen an Stickstoff und Aschenbestandtheilen; über den Bedarf derselben an stickstofffreier Nahrung fehlt es bis zur Stunde noch gänzlich an umfassenderen Untersuchungen, und wissen wir nur, daß den Alkoholfermenten die Fähigkeit eigen ist, eine Anzahl von Kohlehydraten in gährungsfähigen Zucker zu verwandeln, ohne daß wir jedoch über die gewiß hochinteressante Frage, wie weit sich diese Eigenschaft der Gährungsorganismen überhaupt auf die Kohlehydrate erstreckt, und welche stickstofffreien Verbindungen sie überhaupt zu assimitiren vermögen, tiefere Kenntnisse besäßen, als jene, welche vereinzelnte Beobachtungen geben können. Es steht aber zu erwarten, daß uns diese Aufklärung in nicht zu ferner Zeit sicher werden wird, indem gerade die Gährungsorganismen zu Folge ihres einfachen Körperbaues und diesem entsprechend auch einfachen Lebensprocesses die Physiologen geradezu einladen, sie zum Gegenstand ihrer Untersuchungen zu machen.

Wenn wir hier vorläufig von den Organismen der Alkoholgährung absehen und von allen Organismen reden, welche überhaupt als Gährungserreger angesehen werden können, so finden wir ganz besonders nach den neuesten über diesen Gegenstand veröffentlichten Arbeiten zu schließen,*) daß die Frage über die Ernährungsverhältnisse der Gährungsorganismen eine solche ist, welche nicht nur den Gährungs-Chemiker, Techniker und Botaniker in höchstem Grade interessirt, sondern auch für den Physiologen und Arzt von gleicher Wichtigkeit ist. Nachdem nun so ausgedehnte Kreise das größte Interesse an diesen niederen Organismen nehmen, steht zu erwarten, daß auch unsere Kenntnisse über dieselben in nicht ferner Zeit ansehnlich vermehrt werden — jeder, welcher sich eingehender mit den Fermentorganismen beschäftigt hat, muß sich das Selbstbekenntniß ablegen, daß unser Wissen über diese hochwichtige Gruppe von Lebewesen — gleichwichtig für den Forscher, den Industriellen und den Arzt — noch innerhalb sehr enger Grenzen bewegt, und viele wichtige Fragen über dieselben noch der Lösung harren.

Das Studium der Ernährungsverhältnisse der Alkoholfermente wird noch durch den Umstand erschwert, daß wir verschiedene Fermente zu unterscheiden haben, welche auch verschiedene Ansprüche an die Nährflüssigkeiten stellen, in welchen sie leben. Während die gewöhnliche Bierhefe in beinahe ganz neutralen Flüssigkeiten gut gedeiht, befinden sich die Gährungsorganismen, welche in Fruchtsäften auftreten nur in saueren Flüssigkeiten wohl und rufen nur in diesen

*) Vergleiche C. Nägeli: Die niederen Pilze in ihren Beziehungen zu den Infectionskrankheiten und der Gesundheitspflege. München, R. Oldenbourg, 1877.

normale Gährungen hervor. Wir müssen daher annehmen, daß in der Lebensweise der einzelnen Saccharomycesarten sicherlich Unterschiede bestehen, die sich durch genaueres Studium der betreffenden Organismen nachweisen lassen werden. Viele Beobachtungen aus der Praxis deuten auf das Vorhandensein solcher Unterschiede und erwähnen wir hier nur die bekannte Thatsache, daß Weinmost nach der Gährung ganz andere Eigenschaften erlangt, wenn man ihn durch Saccharomyces cerevisiae vergährt, oder durch jene Fermente vergähren läßt, die sich in ihm freiwillig ausbilden; — auch die Thatsache, daß bei den sogenannten Nachgährungen, bei welchen gewöhnlich nur mehr eine geringe vergährende Wirkung Seitens des Fermentes gefordert wird, häufig andere Fermente auftreten, als jene waren, durch welche die Hauptgährung veranlaßt wurde, spricht hierfür.

Wir schreiben das Auftreten von Nachgährungsfermenten, die morphologisch von jenen verschieden sind, welche die Hauptgährung bewirkten, ausschließlich den geänderten Ernährungsverhältnissen zu, welche die schon sehr weit vergohrene Flüssigkeit den Fermentorganismen jetzt bietet; während im ersten Stadium der Gährung die Zusammensetzung der Flüssigkeit der Entwickelung eines bestimmten Fermentes besonders günstig war, verminderten sich diese Bedingnisse für dieses Ferment immer mehr in dem Maße, in welchem die Zusammensetzung der Flüssigkeit eine andere wurde und kommen nunmehr die schon vorhandenen aber bis nun ruhenden Sporen jener Fermente zur Ausbildung, welchen die gegenwärtig vorhandene Nährflüssigkeit zu ihrer Ernährung genügt.*)

Zur Zeit ist die Mehrzahl der Fragen, welche nach der Ernährung der Gährungsorganismen gestellt werden können, noch offen und ist nur von der Zukunft eine Lösung derselben zu erwarten — doch wollen wir den Versuch nicht unterlassen, in einigen allgemeinen Sätzen das zu skizziren, was wir schon gegenwärtig über die Ernährung dieser Organismen mit Bestimmtheit wissen.

1. Die Gährungsorganismen bedürfen zur Erhaltung ihres Lebens des Sauerstoffes, stickstoffhaltiger und stickstofffreier Verbindungen und gewisser Mineralbestandtheile. —

2. Sie vermögen das Leben ohne jede Zufuhr von freiem Sauerstoff durch verhältnißmäßig lange Zeit zu fristen und sich während dieses Zeitraumes sogar durch Sprossung zu vermehren.

3. Durch zeitweilige Zufuhr von freiem Sauerstoff werden die Alkoholfermente befähigt, durch lange Zeit vergährend zu wirken; sie verlieren aber bei einer durch viele Generationen andauernden Abschließung von freiem Sauerstoff endlich die Fähigkeit, vergährend zu wirken, und gehen zu Grunde. —

4. Mit Ausnahme des Sauerstoffes vermögen die Gährungsorganismen

*) Daß die Beschaffenheit der Nährflüssigkeit von tiefgehenden Einflusse auf die Art von Gährungsorganismen sei, welche sich in ihr entwickeln, ist eine Thatsache, welche wohl von Niemandem mehr geleugnet werden kann — schon der Umstand, ob eine Flüssigkeit sauer oder alkalisch ist, wirkt entscheidend darauf ein, welche Fermentorganismen in derselben zur Ausbildung gelangen.

keinen zu ihrer Ernährung erforderlichen Körper aus der Atmosphäre aufzunehmen, sondern sind zur Deckung ihres Bedarfes ausschließlich auf jene Stoffe angewiesen, welche sich in der sie umgebenden Flüssigkeit vorfinden. —

5. Die Gährungsorganismen entnehmen den für sie nöthigen Stickstoff am leichtesten aus höher zusammengesetzten Verbindungen — sie vermögen dies jedoch auch — wenngleich nur kümmerlich, aus Ammoniakverbindungen zu thun.

6. Sie beziehen ihren Kohlenstoffbedarf mit besonderer Vorliebe aus den zur Gruppe der Kohlehydrate gehörigen Körpern; es ist jedoch wahrscheinlich, daß sie denselben auch anderen stickstofffreien Verbindungen sowie den zu ihrer Ernährung dienenden stickstoffhaltigen Körpern entnehmen können. —

7. Die Gährungsorganismen bedürfen gewisser Nahrungsstoffe, bei Ausschluß auch nur eines derselben gehen sie zu Grunde. —

8. Die Gegenwart einer bestimmten Wassermenge ist eine unerläßliche Bedingung für das Gedeihen der Gährungsorganismen; das gleiche gilt von den Temperaturverhältnissen, unter welchen sie leben. —

9. Fehlt eine der vorstehend aufgeführten Ernährungsbedingungen, so geht der Gährungsorganismus zu Grunde. — Die Zeit aber, während welcher er noch sein Leben zu fristen vermag, ist bezüglich der verschiedenen Stoffe eine verschieden lange und vermögen diese Organismen wahrscheinlich das Fehlen des freien Sauerstoffes am längsten zu ertragen.

10. Als lebende Wesen unterliegen die Gährungsorganismen den allgemeinen Gesetzen des Stoffwechsels; für eine gewisse Menge verbrauchter Nährstoffe liefern sie eine entsprechende Quantität von Auswurfsstoffen. —

11. Die Mengen der Auswurfsstoffe (Gährungsproducte) sind abhängig von der Natur der Gährungsorganismen und den Ernährungsbedingungen derselben im allgemeinen; die Gegenwart des freien Sauerstoffes und die Temperatur scheinen auf dieselben von besonderem Einflusse zu sein. —

12. Häufen sich die Auswurfsstoffe in der Nährflüssigkeit über eine gewisse Grenze an, so wird — wenn auch noch genügende Mengen von Nährstoffen vorhanden sind, jede weitere Entwickelung der Gährungsorganismen unterdrückt — das Wachsthum der Organismen und der Gährungsproceß hört auf.

13. Die Ernährung der Gährungsorganismen und deren Vermehrung stehen in einem bestimmten Verhältnisse zur Menge der Gährungsproducte und kann der eine Vorgang ohne den anderen nicht stattfinden; der Lebensproceß der Gährungsorganismen ist in untrennbarem Zusammenhang mit dem Gährungsvorgange und kann letzterer ohne den ersteren nicht gedacht werden. —

VIII. Versuche über die Ernährungsverhältnisse der Gährungsorganismen.

Die Zahl der Forscher, welche sich bis zu unserer Zeit in eingehenderer Weise mit der Anstellung streng wissenschaftlicher Untersuchungen über die Ernährungsverhältnisse der Gährungsorganismen beschäftigt haben, ist leider noch eine geringe und ist überhaupt die Zeit, in welcher man mit derartigen Untersuchungen begann, der unserigen so nahestehend, daß sich aus den vorliegenden Arbeiten noch keine ganz feststehenden Schlüsse ziehen lassen. — Unter den deutschen Gelehrten ist vor allem A. Mayer zu nennen, welchem wir die schon vorerwähnten Untersuchungen über den Stickstoffbedarf, so wie über die zur Ausbildung der Gährungsorganismen unentbehrlichen Nährsalze verdanken; unter den Franzosen, welche sich mit dem gleichen Gegenstande beschäftigten, ist neben Pasteur noch Duclaux und Raulin besonders zu nennen.

Die Arbeiten der eben Genannten haben besonders auf jene Gährungspilze Bezug, welche bei der Bier- und Branntweingährung eine Hauptrolle spielen — die Fermente des Weines sind bis nun beinahe einzig und allein durch Blankenhorn und seine Genossen etwas näher untersucht worden und harren noch viele sehr bedeutende Fragen über diesen Gegenstand ihrer Erledigung durch künftig vorzunehmende Untersuchungen. Wir haben schon in dem vorstehenden Abschnitte das wesentlichste über die Ernährungsverhältnisse der Gährungsorganismen zusammengestellt und können uns daher in der Besprechung der speciellen Untersuchungen kürzer fassen.

Die Ernährung durch Stickstoffverbindungen.

Wenn wir uns zuvörderst der Frage nach dem Stickstoffbedarf der Gährungsorganismen zuwenden, so finden wir, daß Pasteur zuerst den Beweis dafür geliefert hat, daß letztere ohne stickstoffhaltige Nahrungsmittel schlechterdings nicht leben können, daher in einer blos Zucker und Salze enthaltenden Nährflüssigkeit bald zu Grunde gehen. — Nach dem gegenwärtigen Stande unserer Anschauung

über die Natur der Alkoholfermente erscheint die Beibringung dieses Beweises eigentlich als überflüssig, weil es sich um eine Sache handelt, welche wir als selbstverständlich betrachten; es darf aber nicht vergessen werden, daß die jetzt herrschende Anschauung erst durch Arbeiten, wie die eben erwähnte, entstanden ist und ihre Begründung erhalten hat. Weit wichtiger als der bestimmte Beweis dafür, daß die Gährungsorganismen nicht ohne stickstoffhaltige Nahrungsmittel bestehen können, sind die Untersuchungen über die Form, in welcher der Stickstoff von diesen Organismen verdaut werden kann und verdanken wir in dieser Richtung Pasteur zuvörderst die Feststellung der wichtigen Thatsache, daß die Gährungspilze jenen Stickstoff, welcher ihnen in der einfachsten Form, in Gestalt von Ammoniaksalzen geboten wurde, wenn auch nur schwierig, zu assimiliren vermögen, sich daher in diesem Punkte wie die höheren Pflanzen verhalten können.

Erst den Versuchen Duclaux's ist es aber zu danken, daß die Thatsache von der Fähigkeit des Ammoniaks, den Gährungspilzen als Nahrung zu dienen, unumstößlich festgestellt ist. Es gelang nämlich Duclaux den Nachweis zu führen, daß der in Form von weinsaurem Ammoniak der Nährflüssigkeit zugesetzte Stickstoff nach beendeter Gährung noch in der Flüssigkeit vorhanden ist, sich aber jetzt in Form von organischen Verbindungen vorfindet, in welche er durch die Thätigkeit der Fermentorganismen übergeführt wurde. — A. Mayer, welcher sich mit der Erörterung der gleichen Frage beschäftigte hat dieselbe in sehr eingehender Weise, namentlich in Bezug auf die verschiedenen Stickstoffverbindungen,*) welche er in Anwendung brachte, bearbeitet. Er wählte als Stickstoffnahrung für die Hefe Caseïn, Albumin, Caffeïn, Guanin, Kreatin, Kreatinin, zweibasisch-phosphorsaures Ammon, Kalisalpeter, Harnstoff, Ammoniumnitrat, Aldehyd-Ammoniak, Fibrin, Harnsäure, Allantoin, schwefelsaures Anilin und Asparagin — somit Körper aus allen näher bekannten Gruppen von Stickstoffverbindungen. In einer späteren Versuchsreihe fügte Mayer diesen Körpern noch peptonartige Verbindungen bei.

Aus dieser großen Reihe von Körpern sind aber nur einige wenige wirklich geeignet, die Alkoholfermente überhaupt zu ernähren und unter den letzteren zeigen sich wieder Verschiedenheiten betreffs der Ernährungsfähigkeit. Es wäre aber auch ein Irrthum, annehmen zu wollen, daß gerade hoch zusammengesetzte Eiweißkörper besonders geeignet seien, den Alkoholfermenten als Nahrung zu dienen. — Hühnereiweiß, Käsestoff u. s. w. sind durchweg solche Körper, welche von den Gährungspilzen nur schwierig verdaut werden. — Besonders interessant erscheint die von Mayer behauptete gänzliche Unfähigkeit der Gährungspflanzen, ihren Stickstoffbedarf aus salpetersauren Salzen zu decken, welche bekanntlich für höhere Gewächse ein ausgezeichnetes stickstoffhaltiges Nahrungsmittel bilden. — Schützenberger**) geht von der Beobachtung aus, daß allen höheren Pflanzen die Fähigkeit zukomme, sich von salpetersauren Salzen zu nähren und stellt die Behauptung Mayer's bezüglich des entgegengesetzten

*) Untersuchungen pag. 61.

**) Gährungserscheinungen pag. 67.

Verhaltens der Gährungsorganismen noch als eines weiteren Beweises bedürftig hin, obwohl er zugesteht, daß auch andere Beobachter zu dem gleichen Ergebnisse gelangt seien.

Nach der Ansicht Schützenberger's läßt sich die Erscheinung, daß salpetersaure Salze nicht von den Gährungspflanzen verdaut werden können, dadurch erklären, daß der Saccharomyceszelle nicht das zur Reduction der salpetersauren Salze erforderliche Vermögen zukomme, was uns aber eine nicht sehr stichhaltige Annahme zu sein scheint, indem wir gerade in diesen so einfach gebauten Pflanzen, in welchen eine einzige Zelle die gesammte chemisch-physiologische Arbeit des ganzen Lebensprocesses übernehmen muß, nothwendiger Weise einen sehr hoch gesteigerten Chemismus wahrnehmen, der sich ja auch durch Zerlegung ziemlich fest constituirter Verbindungen, wie der Salze organischer Säuren, zu erkennen giebt. Die Verbindungen der Salpetersäure sind aber bekanntlich keineswegs sehr fest zusammengesetzt und erscheint uns daher die Anschauung, daß die Saccharomycesarten nicht im Stande seien, diese Verbindungen zu zerlegen, nicht von großer Wahrscheinlichkeit zu sein.

Wir schließen uns vielmehr in Bezug auf diese Frage der Anschauung Mayer's an, welcher mit vollem Rechte dem physikalischen Momente bei der Ernährung der Gährungsorganismen den ihm zukommenden Werth eingeräumt wissen will. Bekanntlich ist jede Zelle von einer allseitig zusammenhängenden Membrane umschlossen und kann daher ein Austausch des Zellinhaltes mit den in der umgebenden Flüssigkeit gelösten Stoffen gar nicht anders als auf osmotischem Wege gedacht werden. Mayer fand nun aus seinen Versuchen, daß die Fähigkeit einer Substanz, welche als Nahrung der Gährungspflanzen verwendet wurde, derselben auch wirklich als Nahrungsmittel zu dienen, im innigsten Zusammenhange mit ihrer Fähigkeit stehe, durch die Zellmembrane in das Innere der Zelle zu dringen. Mayer hat vergleichende Untersuchungen über die Diffusionsfähigkeit der Lösungen gewisser Körper durch vegetabilisches Pergament angestellt und hat gefunden, daß eine größere Reihe von Proteïnstoffen fast in derselben Proportion zur Ernährung der Gährungsorganismen geeignet waren, als sie durch vegetabilisches Pergament diffundirten. Wenn nun auch diesen Versuchen keine absolute Beweiskraft innewohnt, indem sich das Gewebe der Zelle des Saccharomycespilzes gewiß anders in Bezug auf seine osmotischen Verhältnisse verhalten wird, als das vegetabilische Pergament, so geben diese Versuche dennoch einen gewissen Fingerzeig für das Verhalten der Zellmembrane ab. Wenn es daher wahr ist, daß salpetersaure Salze ganz ungeeignet sind, die Gährungsorganismen zu ernähren, so läßt sich annehmen, daß diesen Salzen die Fähigkeit mangelt, die Zellmembrane zu durchdringen.

Auf Grund der Versuche über die Diffusionsfähigkeit gewisser Proteïnverbindungen kam Mayer dahin, solche Verbindungen, die sehr leicht durch Membranen diffundiren, zur Ernährung der Gährungsorganismen zu verwenden. Der Erfolg, welchen er mit diesen Stoffen bezüglich der Stickstoffernährung der in Rede stehenden Organismen erzielte, war ein verhältnißmäßig sehr günstiger. Peptonverbindungen, die sich durch ein großes Diffusionsvermögen auszeichnen,

vermochten eine günstige Ernährung der Gährungspilze zu bewirken. In ähnlicher Weise verhielt sich Dotter von Hühnereiern.

Aus dieser von Mayer behaupteten Abhängigkeit der Ernährungsverhältnisse von der größeren oder geringeren Diffundirbarkeit der stickstoffhaltigen Körper durch die Membranen der Zellen lassen sich nun sehr wichtige Schlüsse für die Praxis der Gährungsgewerbe ziehen; wir sehen, daß sich in Bierwürzen, sowie im Weinmoste die Fermentorganismen in einer Weise entwickeln, wie wir dies in künstlich dargestellten Nährflüssigkeiten kaum zu bewirken im Stande sind. Es müssen demnach die in diesen Flüssigkeiten enthaltenen stickstoffhaltigen Körper — das sind die Albuminate des Traubensaftes und diejenigen der Bierwürze außerordentlich leicht durch die Membranen der Zellen diffundiren. Daß aber in Bezug auf die Eigenschaft, Flüssigkeiten durch ihre Zellwände durchtreten zu lassen, bei den verschiedenartigen Saccharomycesarten eine Verschiedenheit stattfindet, läßt sich gleichfalls durch Versuche beweisen.

Wenn man nämlich Bierwürze und Weinmost sich selbst überläßt, so kommen diese Flüssigkeiten bekanntlich durch die aus der Luft in sie gelangenden (oder beim Weine schon an den Trauben vorhandenen Sporen) in sogenannte freiwillige Gährung und siedelt sich im Weinmoste gewöhnlich Saccharomyces ellypsoideus an, während in der Würze Saccharomyces cerevisiae zur Ausbildung gelangt. In Bezug auf ihre allgemeine Zusammensetzung — besonders in Bezug auf den Gehalt an Nährsalzen und Zucker — herrscht zwischen beiden Flüssigkeiten eine ziemlich große Verwandtschaft und sollte man demgemäß meinen, daß sich sowohl im Weinmoste Saccharomyces cerevisiae und in der Bierwürze Saccharomyces ellypsoideus gleichartig verhalten werden. Wenn man aber den Versuch ausführt, die beiden Fermente in den verschiedenen Flüssigkeiten anzusiedeln, so wird man bald bemerken, daß sie sich durchaus nicht so wohl fühlen, als man voraussetzte; ein mit Saccharomyces cerevisiae gestellter Weinmost vergährt weit schwieriger als ein solcher, in dem Saccharomyces ellypsoideus lebt und verhält sich auch eine mit Saccharomyces ellypsoideus gestellte Bierwürze in ähnlicher Weise.

Wenn sich der Unterschied nicht etwa aus dem Umstande erklären läßt, daß Saccharomyces ellypsoideus ein Gährungspilz ist, welcher sich nur in einer verhältnißmäßig stark sauren Flüssigkeit gut entwickeln kann — der Weinmost ist eine solche — so liegt die Annahme sehr nahe, daß die stickstoffhaltigen Körper der Bierwürze zwar leicht durch die Membranen von Saccharomyces cerevisiae aber schwer durch jene von Saccharomyces ellypsoideus diffundiren können und umgekehrt. Bei den Nachgährungen des Weines und des Bieres hat bekanntlich die Flüssigkeit eine Zusammensetzung, welche sehr wesentlich von jener abweicht, welche sie zu Anfang der Gährung besaß und sind entschieden jene Proteïnstoffe, welche am leichtesten von den Zellen aufgenommen werden, schon verzehrt, indeß noch andere, die minder leicht von jenen Pilzen, durch welche die Hauptgährung veranlaßt wurde, aufgenommen werden können, vorhanden sind. Wenn wir nun bei der Nachgährung häufig ein anderes Ferment auftreten sehen, als jenes war, welches die Gährung einleitete, so ist es immerhin möglich, daß dieses Ferment geeigneter sei, sich von den noch vorhandenen Proteïnstoffen nähren zu können, als das erste.

Es erscheint uns überhaupt höchst wahrscheinlich, daß jene Fermente, welche die Nachgährung bewirken, eine Organisation besitzen, welche von jener der Fermente, die zu Anfang der Gährung auftreten, ziemlich weit verschieden sein muß. Während zu Anfang der Gährung das Ferment in der Flüssigkeit eine Ueberfülle von leicht assimilirbaren Nährstoffen vorfindet und sich unter diesen jene auswählt, die es am leichtesten zu verdauen vermag, finden die Nachgährungsfermente ganz geänderte Ernährungsbedingungen vor: der Concentrationsgrad der Flüssigkeit ist ein geringerer geworden, dieselbe ist ärmer an Salzen, Zucker und stickstoffhaltiger Substanz und enthält außerdem eine bedeutende Menge jener Stoffe, welche als Gährungsproducte zu bezeichnen sind und als Ausscheidungsstoffe nicht nur nicht zur Ernährung der Pflanze dienen können, sondern derselben feindlich gegenübertreten. Bei so gründlich geänderten Verhältnissen läßt sich wohl annehmen, daß auch die nunmehr zur Ausbildung gelangenden Fermente eine andere Organisation und andere Lebensbedürfnisse zeigen als jene, durch welche die Gährung eingeleitet wurde.

Solche Verbindungen, welche sich bezüglich ihrer Zusammensetzung jenen nähern, welche wir in den thierischen Ausscheidungsstoffen vorfinden, sind entschieden schlechte Nahrungsmittel für die Gährungsorganismen; es gehören hierher das Guanin, das Allantoin und die Harnsäure und ist dies ein neuer Beweis dafür, daß sich die Hefe in Bezug auf ihre Fähigkeit, stickstoffhaltige Körper aufzunehmen, mehr den Thieren als den Pflanzen nähert . . . . obwohl sie auch, wie schon erwähnt wurde, Ammoniak zu assimiliren vermag — eine Fähigkeit, die bekanntlich dem thierischen Organismus völlig mangelt.

Nachdem wir die Gährungsorganismen als lebende Wesen betrachten müssen, erscheint es als selbstverständlich, daß in denselben ein Umsatz der aufgenommenen Nährstoffe stattfinden müsse und wird ja nach einer gewissen Anschauung der ganze Gährungsvorgang als ein Umsatz der Nährstoffe seitens der Fermentorganismen angesehen. Wenn daher eine gewisse Menge von Hefe ihre chemische Arbeitsleistung — die Vergährung des Zuckers, vollbracht hat, so können wir nur annehmen, daß sie neben Alkohol, Glycerin, Bernsteinsäure u. s. w. auch stickstoffhaltige Körper ausgeschieden habe, die sich nothwendiger Weise in der Flüssigkeit vorfinden müssen — jene Stickstoffmengen ausgenommen, welche in der unthätig gewordenen Hefe enthalten sind. Daß in der That ein solcher Umsatz des Stickstoffes stattfinde, wurde in mehrfacher Weise durch Versuche festgestellt.

Wenn man eine gewisse Menge von Hefe in eine Flüssigkeit bringt, welche alle zur Ernährung der Gährungsorganismen erforderlichen Stoffe, mit Ausnahme der Stickstoffverbindungen, enthält, die vergohrene Flüssigkeit von der Hefe trennt und diese mit frischer Flüssigkeit, von der Zusammensetzung der ersteren, in Berührung bringt, so macht man nach einiger Zeit die Wahrnehmung, daß die Hefe träge wird, das heißt, daß sie ihre vergährenden Wirkungen zu verlieren anfängt und dieselben schließlich ganz einbüßt. . . . Diese Abschwächung der Hefe läßt sich nur daraus erklären, daß die Hefe, nachdem der in ihr enthaltene Stickstoff abgenützt ist und in Form gewisser zur weiteren Ernährung

ihres Organismus untauglichen Verbindungen ausgeschieden wurde, nicht mehr im Stande ist, sich normal zu ernähren, erkrankt und endlich abstirbt. Hat man vor Beginn des Versuches den Stickstoffgehalt der Hefe genau bestimmt und wiederholt diese Bestimmung nach dem Versuche, so ergiebt sich eine Verringerung des Stickstoffgehaltes, der nun demnächst in der Flüssigkeit gesucht werden kann und sich in derselben, wie genaue Versuche nachgewiesen haben, vollständig vorfindet.

Ueber die Zusammensetzung der stickstoffhaltigen Ausscheidungsprodukte der Gährungsorganismen besitzen wir bis nun nur unvollständige Untersuchungen; soweit dieselben reichen, haben sie das Ergebniß geliefert, daß aus den höher zusammengesetzten Proteïnstoffen, die wir in der frischen Hefe selbst antreffen, Körper gebildet wurden, die eine einfachere Zusammensetzung besitzen und nicht mehr zur Ernährung der Hefe dienen können. Daß nach den neueren Versuchen Nägeli's auch in der frischen Hefe solche Verbindungen nachgewiesen wurden, steht durchaus nicht der Annahme entgegen, daß Stoffe wie z. B. Leucin in der That Ausscheidungsprodukte des Leibes der Fermentorganismen seien — sie bestätigen sie vielmehr in einer gewissen Richtung, indem nothwendiger Weise für derartige Untersuchungen Millionen von Fermentzellen in den verschiedensten Lebenszuständen angewendet werden müssen und die Ausscheidungsprodukte, wenn nicht in den Zellenleibern selbst, so doch in deren nächster Nähe, in den Räumen zwischen den einzelnen Zellen angetroffen werden müssen.

Wenn wir die Thatsachen, welche sich aus den Versuchen über die Stickstoffernährung der Fermentorganismen ergeben, zusammenfassen, so ergiebt sich aus denselben, daß diese Organismen sich im Großen und Ganzen ganz ähnlich dem thierischen Organismus verhalten — nur eine Erscheinung bildet ein noch ungelöstes Räthsel, nämlich diejenige, daß auch das Ammoniak, wenn auch nur schwierig, die Ernährung der Saccharomycesarten bewirken kann.

Neben den stickstoffhaltigen Körpern bedürfen die Fermentorganismen noch der stickstofffreien Körper und gewisser Mineralbestandtheile zu ihrer vollkommenen Ernährung und wenden wir uns nun den über das Verhalten dieser Körper angestellten Versuchen zu.

Die Ernährung durch Mineralverbindungen.

Als Organismus bedarf die Gährungspflanze, gleich wie allen anderen Organismen auch der Mineralstoffe und ist dieses Bedürfniß ein so bedeutendes, daß jedes Ferment in kürzester Zeit zu Grunde geht, wenn man ihm die Mineralstoffe völlig entzieht. Der auf dem Versuch beruhende Beweis für die Wahrheit dieser Thatsache wurde wieder zuerst von Pasteur beigebracht, indem er zeigte, daß in einer Zuckerlösung, welche nur Ammoniaksalze aber keine Aschensalze enthielt, Hefe, welche in geringer Menge ausgesäet wurde, durchaus nicht zur

Vermehrung gelangte. Auch der Verfasser des vorliegenden Werkes hat sich mit dieser Frage beschäftigt und ist in Folge seiner Untersuchungen zu der Erkenntniß gelangt, daß die Fermentorganismen, welchen eine besonders große Lebenszähigkeit nicht abzusprechen ist, gerade gegen den Mangel der mineralischen Nährstoffe in hohem Grade empfindlich sind. Bringt man z. B. jenes Ferment, welches die Ursache der Essiggährung ist, in eine Flüssigkeit, welche neben Alkohol nur noch Wasser enthält, so wird eine ungemein geringe Menge von Essigsäure gebildet, aber schon nach ganz kurzer Zeit hört die Essigbildung auf und ist das Ferment getödtet; die Flüssigkeit vermag dann nicht mehr, wenn man sie auch mit einer anderen mischt, welche alle zur Ernährung des Fermentes erforderlichen Stoffe enthält, in dieser Gährung zu erregen und sinkt das abgestorbene Ferment zu Boden.

Die Fermente der Alkoholgährung verhalten sich nun in ganz ähnlicher Weise und geht aus den über diesen Gegenstand vorliegenden Untersuchungen mit ziemlicher Bestimmtheit hervor, daß gewisse Mineralstoffe geradezu unentbehrlich sind, wenn sich die Fermentorganismen kräftig entwickeln sollen. Den Nachweis hierfür verdanken wir beinahe ausschließlich der schönen Arbeit A. Mayer's; von Anderen, welche sich mit der gleichen Frage beschäftigt haben, liegen nur vereinzelte Beobachtungen vor, während gerade die Arbeit Mayer's dadurch werthvoll ist, daß sie die Frage nach dem Bedarf der Gährungsorganismen von einem einheitlichen Gesichtspunkte beleuchtet.

Ueber die Art der mineralischen Nährstoffe, welche die Gährungsorganismen bedürfen, kann kein Zweifel mehr sein, seitdem wir die genauen Analysen der Hefenasche kennen. Durch die Untersuchungen Mitscherlich's und Anderer (vergleiche Seite 120) ist mit Bestimmtheit dargethan, daß die Asche der Hefeorganismen hauptsächlich Kali und Phosphorsäure enthält. Neben diesen beiden Verbindungen, die bekanntlich auch für die Samen vieler Pflanzen höchst charakteristisch sind, finden wir in der Hefenasche nur noch Magnesia in größeren Mengen vor; Kalk ist zwar ein nie fehlender Bestandtheil der Hefeasche, die Menge desselben ist aber eine geringere als jene der Magnesia. Neben den genannten Körpern ist noch der Gehalt der Hefeasche an Schwefelsäure zu beachten.

Wir wissen, daß in den höheren Pflanzen Eisen einen nie fehlenden Bestandtheil der Asche ausmacht; in der Asche der Hefepflanzen scheint aber das Eisen völlig zu fehlen, obwohl dasselbe nach der Analyse von Bull, wenn auch in sehr geringer Menge, in der Hefeasche anzutreffen ist. In den höheren Gewächsen fällt dem Eisen die Rolle zu, bei der Ausbildung des grünen Farbstoffes (des Chlorophylles) mitzuwirken. In den niederen Pflanzen, welchen die Gährungsorganismen angehören, fehlt aber das Chlorophyll gänzlich und erscheint daher das Eisen als ein Körper, der in dem Lebensproceß dieser Pflanzen keine Rolle spielt. Bei den Versuchen über die Bedeutung der mineralischen Nährstoffe, welcher die Gährungsorganismen bedürfen, hat man sogar die Wahrnehmung gemacht, daß die Gegenwart eines Eisensalzes in der Flüssigkeit einen der Gährung nachtheiligen Einfluß ausübte. Es scheint daher das Eisen, welches von Bull als ein Bestandtheil der Hefeasche gefunden wurde, einer Verunreinigung seine Gegenwart zu verdanken.

A. Mayer ging bei seinen Untersuchungen von dem Gesichtspunkte aus, das Verhalten jener mineralischen Nährstoffe zu studiren, welche man nach den bekannten Analysen schon vornherein als wesentliche oder unentbehrliche erklären muß; es sind dies das Kali, die Phosporsäure, die Magnesia und der Kalk. Neben den eben genannten Körpern dürfte wohl auch noch der Schwefel zu den für das Leben der Hefepflanze absolut unentbehrlichen Körpern gerechnet werden, und zwar aus dem Grunde, weil man in den Proteïnstoffen, die sich in der Hefe vorfinden, immer eine — wenn auch geringe Menge von Schwefel nachweisen kann. Bis zur Stunde ist es aber nicht möglich gewesen, für die Unentbehrlichkeit des Schwefels den Beweis durch den Versuch beizubringen, indem es nicht gelang, eine Nährflüssigkeit darzustellen, welche absolut keine Spur von Schwefel enthielt.

Um nämlich die Hefepflanze in entsprechender Weise zu ernähren, und sie zur Ausübung ihrer vergährenden Wirkung zu veranlassen — letztere bildet ja immer den Maßstab für das Befinden der Pflanze in einer bestimmten Nährstofflösung — ist es unbedingt nothwendig, der Flüssigkeit Zucker zuzusetzen. Man wählt zu derartigen Versuchen stets die reinsten Sorten von Candiszucker, weil der Rohrzucker noch unter allen Zuckerarten verhältnißmäßig in reinstem Zustande darstellbar ist. Aber auch die reinsten Sorten von Candiszucker enthalten gewisse, wenn auch sehr geringe Mengen von Schwefel, und war es durch keines der bisher bekannten Mittel möglich, diesen Schwefelgehalt des Zuckers zu beseitigen. Die Analyse der Hefeasche lehrt uns aber, daß der Schwefelgehalt der Hefe stets ein ungemein geringer ist, und ist anzunehmen, daß die geringe Menge von Schwefel, die sich auch in dem reinsten Candiszucker vorfindet, ausreicht, um der Hefepflanze die von ihm verlangte Schwefelmenge zu bieten. Nach unserer Anschauung ist der Schwefel mit zu den unentbehrlichen Nahrungsstoffen der Alkoholfermente zu rechnen — wenn es gelingen sollte, eine Nährflüssigkeit darzustellen, welche absolut gar keinen Schwefel enthält, so muß nach unserer Ansicht die Aussaat frischer Hefe auf dieser Flüssigkeit in ganz kurzer Zeit zu Grunde gehen, indem dann ein zur Bildung der Proteïnstoffe der Pflanze unentbehrlicher Körper nicht vorhanden ist.

Wie wir schon an früherer Stelle erwähnten, stehen die Fermentorganismen, welche sich freiwillig in einer Flüssigkeit entwickeln — wie dies bei den sogenannten freiwilligen Gährungen von Bierwürze und Traubenmost vorkommt, in enger Beziehung zu der Beschaffenheit der Nährflüssigkeit. — Im Weinmoste entwickelt sich eine andere Saccharomycesart als in der Bierwürze, und gedeihen die Fermente in diesen Nährflüssigkeiten in so üppiger Weise, daß man daran schon erkennt, daß alle Lebensbedingungen derselben vorhanden sein müssen. Wenn wir Bierwürze oder Traubenmost einäschern, so finden wir in der Asche in der That alle jene Mineralstoffe vor, welche sich in der Hefeasche nachweisen lassen. Dieser Umstand macht es begreiflich, daß die Asche von Würze oder Most ein ganz ausgezeichnetes Nahrungsmittel für die Alkoholfermente abgiebt, und in jenen Fällen, in welchen es sich darum handelt, das Verhalten der Alkoholgährungspilze gegen stickstoffhaltige oder stickstoffreie Nahrungsmittel zu prüfen,

giebt es kaum ein besseres Mittel, die Flüssigkeit mit den erforderlichen mineralischen Nährstoffen zu versorgen, als sie mit der Asche von Würze oder Most zu versetzen.

Wie wir schon erwähnten, stellte sich Mayer die Aufgabe, das Verhalten bestimmter Mineralstoffe gegen die Fermentorganismen zu studiren, und mußte daher die Anwendung der Asche von Würze oder Most von seinen Untersuchungen ausschließen und sich möglichst reiner Präparate bedienen. Als Maßstab für die mehr oder minder günstige Ernährung der Gährungsorganismen wurde auch bei den Versuchen Mayer's der Verlauf der Gährung angenommen. Es wurden Zuckerlösungen von 15 Percent Zuckergehalt in Anwendung gebracht, welche bei günstigen Ernährungsbedingungen vollständig vergährten. Die Versuche wurden mit jenen Mineralstoffen begonnen, welche man von vornherein als unerläßliche erklären konnte. Mayer setzte die Nährflüssigkeiten aus saurem phosphorsaurem Kali, schwefelsaurer Magnesia und dreibasisch phosphorsaurem Kalk zusammen, und zwar in der Weise, daß er das erstere Salz in sehr verschiedenen Mengen in Anwendung brachte.

Um die Gährungsorganismen mit dem nöthigen Stickstoff zu ernähren, fügte Mayer den Flüssigkeiten neben den eben genannten Verbindungen noch salpetersaures Ammoniak zu. Trotzdem die Ammoniaksalze — wie schon erwähnt wurde, eine sehr schlechte stickstoffhaltige Nahrung für die Gährungsorganismen sind, so gelang es doch bei einer minimalen Aussaat von Hefe, die Gährung — freilich innerhalb eines verhältnißmäßig sehr langen Zeitraumes — einem und einem halben bis zwei Monaten — völlig zu Ende zu führen was wohl einen schlagenden Beweis für die Wichtigkeit der Nährsalze zur Ernährung der Gährungsorganismen liefert. Aus der Versuchsreihe mit den eben genannten Nährsalzen ergab sich aber noch eine andere Thatsache, welche zeigt, wie weit die Gährungsorganismen von den übrigen Pflanzen in Bezug auf ihre physiologischen Thätigkeiten entfernt sind. Während höhere Pflanzen nur geringe Mengen von Nährsalzen zu assimiliren vermögen — die Lösungen dürfen höchstens ein halbes Percent davon enthalten — kann man bei den Saccharomycesarten in dieser Beziehung ungleich weiter gehen, und kann beispielsweise von einem einzigen der Nährsalze allein ein ganzes Percent in der Nährflüssigkeit gelöst sein, ohne daß hieraus ein Nachtheil für die Organismen erwächst.

Nachdem Mayer durch die angedeutete Versuchsreihe gewissermaßen eine Composition von mineralischen Nährstoffen der Gährungsorganismen aufgefunden hatte, ging er zu jenen Versuchen über, welche ergeben sollten, welchen Einfluß die Fernhaltung des einen oder anderen Nährstoffes auf die Entwicklung der Fermente habe. Bei manchen dieser Versuche ergab sich ein Resultat, welches schon a priori festgestellt werden konnte. Kali in Verbindung mit Phosporsäure findet sich in der Hefeasche in solchen Mengen, daß man wohl mit Sicherheit vorhersagen konnte, daß eine Flüssigkeit, in welcher diese Körper fehlen, nicht zur Ernährung der Fermentorganismen tauglich sei. Der Versuch lieferte vollinhaltlich den Beweis für die Richtigkeit dieser Voraussetzung. Alle Gährungsversuche, bei welchen das phosphorsaure Kali ausgeschlossen war, lieferten ein völlig un-

günstiges Ergebniß. Die Erscheinung, daß der gleiche Fall eintritt, wenn man versucht, das phosphorsaure Kali durch das entsprechende Natronsalz zu ersetzen, liefert einen interessanten Belag für das verschiedene physiologische Verhalten zweier, sonst einander in chemischer Beziehung so nahe stehender Körper, wie es das Kalium und das Natrium sind. Das phosporsaure Kali ist somit als einer der unentbehrlichen Nahrungsstoffe für die Gährungsorganismen anzusehen.

Ein überraschendes Ergebniß der Mayer'schen Arbeit liegt auch in der Angabe, daß die Kalksalze nicht zu den wesentlichsten Nahrungsmitteln der Gährungsorganismen gezählt werden können. Es gelang nämlich, Gährungen vollständig zu Ende zu führen, wenn in der Flüssigkeit gar keine Kalksalze vorhanden waren — gewiß ein um so merkwürdigerer Fall, als wir bei der Untersuchung der Asche von Gewächsen den Kalk fast überall als einen stetig vorhandenen Bestandtheil der Asche antreffen. Es sei übrigens bemerkt, daß sich Mayer bezüglich der völligen Entbehrlichkeit der Kalksalze in sehr vorsichtiger Weise äußert, und es selbst von weiteren Untersuchungen abhängig macht, ob die Gährungsorganismen auf die Dauer ohne jegliche Zufuhr von Kalksalzen leben können. Der Gegenwart des Magnesiums ist hingegen nach den Arbeiten Mayer's eine große Wichtigkeit als Nährstoff der Gährungsorganismen beizulegen; in Nährflüssigkeiten, in welchen das Magnesium fehlte, zeigte sich nach kurzer Zeit ein sehr merkbares Erlahmen der Gährungsintensität. Als die Hauptergebnisse der hochwichtigen Untersuchungen Mayer's über den Bedarf der Alkoholfermente an mineralischen Nährstoffen haben sich die Thatsachen abgeben, daß Kali, Phosphorsäure, Magnesia absolut unentbehrlich seien, während Kalk und Schwefel minder wesentlich sein sollen. Was nun die Entbehrlichkeit des Schwefel anlangt, so können wir uns der Anschauung Mayer's nicht anschließen, indem wir wie oben angedeutet, den Schwefel ebenso für einen absolut unentbehrlichen Bestandtheilen des Leibes der Gährungsorganismen halten, wie den Stickstoff oder den Kohlenstoff.

Die Ernährung durch stickstofffreie Verbindungen.

Während die Ermittelung des Nahrungsbedürfnisses der Gährungsorganismen in Bezug auf die stickstoffhaltigen Körper und die mineralischen Bestandtheile ein beinahe rein wissenschaftliches Interesse haben, kommt der Frage: Welche stickstofffreien Verbindungen dienen am besten diesen Organismen zur Nahrung? auch ein eminent praktisches Interesse zu, denn gerade die aus diesen Stoffen in Folge des Gährungsprocesses hervorgehenden Verbindungen sind es, welche den Gährungstechniker in erster Linie interessiren und um derentwillen er die Gährung überhaupt einleitet. Wir halten es zwar nicht für absolut richtig, anzunehmen, der Alkohol, welcher bei einem Gährungsprocesse entsteht, sei aus keinem anderen Körper entstanden als aus dem Zucker, respective einem stickstofffreien Körper, denn wir stellen uns immer die Gährungsorganismen als lebende Wesen vor, welche alle von ihnen aufgenommenen Körper umsetzen und schließlich gewisse Verbindungen, unter welchen sich sämmtliche Gährungsprodukte finden, als für ihren Organismus nicht weiter verwendbar, ausscheiden. Es kann daher recht

gut gedacht werden, daß ein Theil des Kohlenstoffes, welcher sich in dem bei einer Gährung gebildeten Alkohol vorfindet, aus den Stickstoffverbindungen herstamme, von welchen sich die Hefe ernährte. Diese Ansicht, obwohl vorläufig weder bewiesen noch widerlegt, hat aber kein praktisches Interesse und hat vielmehr gegenwärtig die Anschauung, daß die Gährungsprodukte in dem Sinne, wie ihn der Praktiker auffaßt, direct oder indirect aus dem Zucker entstehen, allgemeine Gültigkeit. Diese Anschauung war in der That bis in die neueste Zeit als die allgemein richtige anerkannt und stellte man eine Gleichung für den Verlauf des Gährungsvorganges auf, nach welcher der in einer gährungsfähigen Flüssigkeit vorhandene Zucker geradezu in die beiden Hauptprodukte der alkoholischen Gährung, in Alkohol und Kohlensäure, zerfallen sollte. Wie wir bald zeigen werden, ist diese Ansicht durch die Pasteur'schen Versuche als unrichtig hingestellt worden und nimmt man schon gegenwärtig an, daß die Zerlegung des Zuckers durchaus nicht in so einfacher Weise vor sich gehe, als sich dieselbe nach der alten Gährungsgleichung darstellte.

Unter den stickstofffreien Nahrungsmitteln der Gährungsorganismen nehmen jene Verbindungen, welche man mit dem sehr unpassenden Namen der Kohlehydrate bezeichnet, die erste Stelle ein, indem sie unstreitig von den Gährungsorganismen am leichtesten unter allen stickstofffreien Nahrungsmitteln aufgenommen werden. Neben den Kohlehydraten sind aber auch noch gewisse organische Säuren entschieden leichtverdauliche Nahrungsmittel für die Fermentorganismen und wird z. B. Weinsäure bei der Gährung von Most immer in gewisser Menge verzehrt — als Nahrungsmittel der Gährungsorganismen verwendet.

Es ist eine bekannte Sache, daß sich gewisse Kohlehydrate leicht in andere überführen lassen. Das Stärkemehl bildet in den Pflanzen den Ausgangspunkt für diese Umwandlungen und haben die schönen Untersuchungen, welche z. B. von Neubauer*) über die Entwickelung des Weinstocks angestellt wurden, es sehr wahrscheinlich gemacht, daß sehr viele der Stoffe, welche wir in der reifen Traube vorfinden, direct oder indirect aus Stärkemehl entstanden sind.

Wenn wir wieder zu unserem eigentlichen Gegenstande zurückkehren, so tritt uns unter den stickstofffreien Nährstoffen der Gährungsorganismen vor allen anderen der Zucker entgegen. Wie sich aus dem Nachstehenden ergeben wird, bildet der Zucker entschieden das günstigste unter den stickstofffreien Nahrungsmitteln, deren die Fermentorganismen der Alkoholgährung bedürfen. Bekanntlich ist der Begriff Zucker in chemischer Beziehung ein sehr ausgedehnter — aber ein ziemlich enger, wenn wir denselben so auffassen, daß wir von Zucker reden, welcher in die Produkte der Alkoholgährung umgewandelt werden kann. Es findet nämlich beim Zusammenbringen der Lösungen gewisser Zuckergattungen mit Hefe ein Vorgang statt, der eigenthümlicher Art und für die ganze Gährungstheorie von höchster Wichtigkeit ist; es ist dies die Erscheinung, welche man mit dem Namen der Inversion bezeichnet hat.

Bringen wir z. B. eine Lösung von Rohrzucker ($C_{12}H_{22}O_{11}$) mit Hefe zu-

*) Annalen der Oenologie Band IV.

sammen, so läßt sich durch die physikalisch-chemischen Hülfsmittel, welche uns hierfür zu Gebote stehen, mit großer Deutlichkeit eine Umsetzung dieser Zuckerart nachweisen; der Rohrzucker geht hierbei in den sogenannten Invertzucker über, indem zu dem Atomcomplex des Rohrzuckers noch ein Molecül Wasser tritt, welches sich mit dem Rohrzuckermolecüle vereinigt und dasselbe gleichzeitig in zwei neue von einander in ihrem chemischen Verhalten und besonders in ihren optischen Eigenschaften verschiedene Zuckerarten spaltet. Der chemische Vorgang, der hierbei stattfindet, läßt sich durch die nachstehende Gleichung ausdrücken:

$$\underbrace{C_{12}\,H_{22}\,O_{11}}_{\text{Rohrzucker}} + H_2\,O = \underbrace{\underbrace{C_6\,H_{12}\,O_6}_{\text{Fruchtzucker}} + \underbrace{C_6\,H_{12}\,O_6}_{\text{Traubenzucker}}}_{\text{Invertzucker.}}$$

Die beiden neuen Zuckerarten, welche durch die Inversion entstehen, zusammen Invertzucker genannt, werden auch als Fruchtzucker und Traubenzucker bezeichnet. Die Menge der Hefe, welche erforderlich ist, um eine sehr bedeutende Quantität von Rohrzucker binnen kurzer Zeit in Invertzucker zu verwandeln, ist eine so geringe, daß wir sogleich wieder an eine Gährungserscheinung denken müssen. In der That findet auch ein Vorgang statt, der uns lebhaft an einen anderen erinnert, welchen wir erst bei der Besprechung der sogenannten chemischen Fermente zu erörtern haben und als die Zuckerbildung durch die Diastase bezeichnen. Es sei hier schon erwähnt, daß die Diastase aus einer oder aus mehreren chemischen Verbindungen besteht, welcher die Fähigkeit zukommt, sehr bedeutende Mengen von Stärkemehl in Dextrin und Zucker zu verwandeln. In der Zelle der Alkoholfermente findet sich nun ebenfalls eine chemische Verbindung vor, welcher die Eigenschaft zukommt, Rohrzucker in gährungsfähigen Zucker umzusetzen und läßt sich diese Substanz selbständig herstellen, ohne ihre Wirkung zu verlieren. Wenn man nämlich Hefe mit Wasser extrahirt und den Auszug mit einer Lösung von Rohrzucker zusammenbringt, so erfolgt die Inversion des letzteren, ohne daß jedoch die lebende Hefezelle selbst mit dem Zucker in Berührung kommt. Aus dem eben Gesagten ergiebt sich, daß die Alkoholfermente eine Thätigkeit äußern, die mindestens eine zweifache ist; bringt man nämlich eine Lösung von Rohrzucker mit Hefe zusammen, so muß offenbar die Wirkung damit beginnen, daß der Rohrzucker invertirt wird; erst nachdem dies geschehen ist, kann die Zerlegung des gährungsfähigen Zuckers (des Frucht- und Traubenzuckers) stattfinden.

Nachdem dem Auszuge der Hefe blos die Eigenschaft zukommt, die Inversion zu veranlassen, nicht aber jene, Alkoholgährung einzuleiten, so liegt die Annahme nahe, daß das Invertin einer jener Körper ist, welche von dem Fermentorganismus ausgeschieden werden, indeß die eigentlichen Gährungsvorgänge im Innern des Zellenleibes stattfinden. Wenn die zuletzt ausgesprochene Ansicht die richtige ist, so ergiebt sich, daß die Thätigkeit der Alkoholfermente eine doppelte ist: zuerst eine solche, durch welche ein Körper ausgeschieden wird, dem die Eigenschaft zukommt, Verbindungen, welche an und für sich nicht geeignet sind, dem Organismus zur Nahrung zu dienen, in solche umzuformen, die er zu assimiliren vermag — erst nachdem dieser Körper gewirkt hat, beginnt die eigentlich chemisch-physiologische

Thätigkeit der Zelle, bei welcher der Invertzucker verzehrt und dafür die Gährungsprodukte ausgeschieden wird.

In Flüssigkeiten, welche schon vom Anbeginn ausschließlich gährungsfähigen Zucker enthalten, wie z. B. die Bierwürze, kann somit in dem Momente, in welchem dieselbe mit der Hefe zusammengebracht wird, die eigentlich vergährende Wirkung stattfinden, während in solchen Flüssigkeiten, in denen Rohrzucker enthalten ist, zuerst eine Wasseraufnahme dieser Zuckerart in Folge der Wirkung des Invertins und Spaltung in die gährungsfähigen Zuckerarten vorausgehen muß, bevor der eigentliche Gährungsvorgang eintreten kann. Es war bis zur Gegenwart nicht möglich, uns über diesen Vorgang volle Klarheit zu verschaffen, und wissen wir nicht einmal, ob der Vorgang der Inversion innerhalb der Zelle oder außerhalb derselben stattfindet; ist letzteres der Fall, so würde der Rohrzucker zu jenen Körpern zu rechnen sein, welche nicht durch die Zellwände der Gährungsorganismen zu dringen vermögen und daher so lange indifferent bleiben, bis die Umsetzung durch das abgeschiedene Invertin stattgefunden hat.

Eine sehr wichtige Stelle unter den Fragen über die Ernährung der Alkoholfermente durch stickstofffreie Körper nimmt jene ein, die darin gipfelt: kann das Alkoholferment auch jene Verbindungen, welche sich in den Malzauszügen neben dem unmitttelbar gährungsfähigen Invertzucker vorfinden, assimiliren — respective in die gewöhnlichen Gährungsprodukte verwandeln? Es ist diese Frage eine für die Praxis der Gähungsgewerbe ungemein wichtige, weil sich ja in den Flüssigkeiten, welche man aus dem Malze darstellt, alle jene Körper vorfinden, welche überhaupt bei der Einwirkung der Diastase auf Stärkemehl gebildet werden können; für einen dieser Körper, die sogenannte Maltose $C_{12} H_{22} O_{10}$ scheint dies wohl der Fall zu sein, und dürfte derselbe sowie der Invertzucker von der Hefe unmittelbar in die Gährungsprodukte zerlegt werden.

Weniger bestimmt sind aber unsere Kenntnisse bezüglich des Dextrines, welches in bedeutenden Mengen entsteht, wenn man Malz mit heißem Wasser zusammenbringt. Während nun einige Forscher (Mayer, Brefeld) die Vergährbarkeit des Dextrins behaupten, wird sie von anderen (Märker) in Abrede gestellt, und giebt Märker*) an, daß die wiederholt beobachtete Vergährbarkeit des Dextrins wahrscheinlich auf einem Irrthume beruhe, und neben dem Dextrin in der Flüssigkeit noch Maltose vorhanden gewesen sei, welche vergährte, indeß das Dextrin unverändert blieb. Möglicher Weise läßt sich die Vergährbarkeit des Dextrins auf indirectem Wege erklären, und läßt sich annehmen, daß dieser Körper auf ähnliche Weise wie der Rohrzucker, durch das Invertin in gährungsfähigen Zucker übergeführt werden kann — eine Annahme, für deren Richtigkeit aber der Beweis noch ausständig ist.

Unter den Zuckerarten, welche eine Inversion durch die Alkoholfermente erfahren können, ist auch noch der Milchzucker zu nennen — direct selbst nicht gährungsfähig, das heißt, nicht fähig, Alkoholgährung einzugehen, wird er es, wenn er durch Hefe eine Inversion erfahren hat. Die Alkoholfermente vermögen

*) Märcker: Handbuch der Spiritusfabrikation Seite 515.

in Zuckerlösungen zu leben, welche einen sehr bedeutenden Concentrationsgrad besitzen; steigert man aber den Zuckergehalt der Nährflüssigkeit über eine gewisse Grenze, so wird die Gährung unterbrochen, und stirbt das Ferment überhaupt binnen kurzer Zeit ab. Die Ursache dieser Erscheinung liegt, wie Wiesner bei seinen Untersuchungen über den Wasserbedarf der Bierhefe gefunden hat, darin, daß bei Gegenwart einer bedeutenden Zuckermenge (über 35 Percente Rohrzucker) den Organismen nicht mehr die erforderliche Wassermenge zur Verfügung steht, und rasch eine Desorganisation des Zellinhaltes eintritt, welche den Tod der Individuen nach sich zieht. Wir werden auf diesen Gegenstand noch bei der Besprechung des Wasserbedarfes der Gährungsorganismen zurückkommen.

Was andere stickstofffreie organische Verbindungen anlangt z. B die organischen Säuren, wie Weinsäure und Aepfelsäure, so können dieselben, wenn sie für sich allein neben stickstoffhaltigen und mineralischen Nährstoffen vorhanden sind, die Alkoholfermente nicht ernähren, wohl aber werden sie von denselben angegriffen, wenn sie sich in geringer Menge neben gährungsfähigem Zucker vorfinden. Wie schon oben erwähnt wurde, wird die absolute Menge der in einem Traubenmoste enthaltenen Quantität von Weinsäure immer nach der Gährung geringer befunden, als sie vor derselben war, und kann dies doch nur auf Rechnung eines Einbeziehens dieser Verbindung in den Kreis der chemischen Veränderungen erklärt werden, welche durch die Gährungsorganismen stattfinden. Nach den Versuchen des Verfassers ist z. B. die Weinsäure eine Verbindung, welche sogar sehr leicht von den Fermenten überhaupt angegriffen wird, und entwickeln sich selbst in concentrirten Lösungen dieser Säure freiwillig Fermentorganismen und zwar Mycelien von Schimmelpilzen, durch welche die Säure zerstört wird. Wir haben nun nach den über diesen Gegenstand vorliegenden Untersuchungen allen Grund, anzunehmen, daß unter allen Organismen, welchen überhaupt vergährende Eigenschaften zukommen, die Alkoholfermente jene sind, denen die größte vergährend wirkende Kraft innewohnt, und läßt sich schon aus diesem Grunde annehmen, daß die so leicht veränderliche Weinsäure ebenfalls von den Alkoholfermenten verzehrt werden kann.

Donath hat den Versuch gemacht, das Invertin aus der Hefe auszuscheiden, indem er Hefe, welche früher mit Alkohol behandelt worden war, mit Wasser extrahirte und den Auszug mit Aether versetzte; es schied sich dabei eine gallertartige Masse ab, welche der Analyse unterworfen wurde; wahrscheinlich sind aber in dieser Masse mehrere Verbindungen enthalten, und hat die quantitative Zusammensetzung derselben daher nur einen relativen Werth. Wichtig unter den Ergebnissen der Analyse ist der Umstand, daß der nach dem vorstehenden Verfahren gewonnene Körper nur einen Stickstoffgehalt von etwas über 9 Percent zeigt — somit weit niedriger als die Proteïnverbindungen; er nähert sich in dieser Beziehung der Diastase, die wir auch als ein chemisches Ferment betrachten können, welches zwar durch die Lebensthätigkeit der Zelle gebildet wird, aber gleich dem Invertin die Eigenschaft besitzt, auch außerhalb der Zelle eine vergährend wirkende Kraft beizuhalten.

Der Wasserbedarf der Alkoholfermente.

Die Alkoholfermente bedürfen, wie aus der vorstehenden Darstellung hervorgeht, der stickstoffhaltigen Nahrungsmittel der Mineralkörper und endlich noch der stickstofffreien Verbindungen in einem gewissen Verhältnisse, um alle ihre Lebensfunktionen ausüben zu können. Fehlt einer derselben — sei es von Anbeginn der Aussaat der Organismen auf eine Flüssigkeit oder dadurch, daß das vorhandene Material verbraucht ist, so treten bei den Alkoholfermenten dieselben Erscheinungen ein, welche wir bei allen Organismen beobachten können: das Ferment vermag sich durch kurze Zeit ohne Zufuhr von Nahrungsmitteln zu erhalten, indem es die in seinem Körper aufgespeicherten Nahrungsvorräthe verzehrt — geht aber, wenn nicht binnen Kurzem eine Zufuhr neuer Nahrung erfolgt, zu Grunde.

In dem Abschnitte von der Athmung der Alkoholfermente wurde der Nachweis geliefert, daß der freie Sauerstoff ebenfalls zu den unentbehrlichen Nahrungsmitteln der Alkoholfermente gehört, wenn diesen auch die Fähigkeit zukommt, länger als alle anderen Organismen ohne freien Sauerstoff leben zu können. Wie bei allen Organismen kann aber die Ernährung auch bei den Fermenten nur dann stattfinden, wenn eine gewisse Menge von Wasser vorhanden ist, das als Träger der gelösten Stoffe die Aufnahme derselben in den Organismus vermittelt. Obwohl nun die Alkoholfermente, wie aus den Untersuchungen Mayer's hervorgeht, eine merkwürdige Unempfindlichkeit gegen verhältnißmäßig sehr concentrirte Lösungen von Salzen besitzen, sind sie doch sehr empfindlich gegen gewisse Mengen von Wasser, und liegt die Wassermenge, mit welcher diese Organismen gut gedeihen, innerhalb ziemlich enger Grenzen.

Ueber den Wasserbedarf der Alkoholfermente, speciell über jenen von Saccharomyces cerevisiae verdanken wir Wiesner eine sehr schöne Untersuchung. Wiesner hat sich bemüht, die Wassermengen aufzufinden, innerhalb welcher die Organismen am geeignetsten sind, ihre vergährende Wirkung auszuüben. Die Ergebnisse der Wiesner'schen Untersuchungen in dieser Richtung haben gezeigt, daß die Alkoholfermente große Empfindlichkeit gegen eine rasche Zufuhr oder Entziehung von Wasser zeigen; trocknet man Hefe rasch aus, so geht sie in Folge dieser Behandlung zu Grunde, indem eine Aenderung in der Structur der Zellen, die sich mit Hülfe des Mikroskopes nachweisen läßt, eintritt. Während nämlich Hefe mit einem normalen Wassergehalte größere Hohlräume (Vacuolen) zeigt, die mit Flüssigkeit erfüllt sind, läßt sich an Hefe, welcher rasch eine größere Wassermenge entzogen wurde, auf gleichem Wege nachweisen, daß die großen Vacuolen verschwinden und sich der Inhalt derselben in Gestalt sehr kleiner Tropfen durch die ganze Zelle vertheilt hat — eine Erscheinung, welche aber auch gleichzeitig das Absterben der Zelle im Gefolge hat.

Trocknet man hingegen Hefe langsam aus, so kann man mit der Entziehung des Wassers sehr weit gehen, ohne daß die Hefe hierdurch in Bezug auf ihre innere Structur oder ihre gährungserregenden Eigenschaften leidet; ein Umstand,

der auch in technischer Beziehung — bei der Fabrikation der Preßhefe wohl im Auge zu behalten ist. Die lebende Hefe enthält nach Wiesner gewöhnlich 13 Percente Wasser; man kann jedoch den Wassergehalt der Hefe innerhalb sehr weiter Grenzen abändern, wenn man die Vorsicht gebraucht, die Vermehrung oder Verringerung des Wassergehaltes langsam vorzunehmen. Die Grenzen, welche Wiesner in dieser Beziehung gefunden hat, wechseln zwischen 40 und 80 Percenten Wassergehalt.

An diese Beobachtungen schließen sich die weiteren Wahrnehmungen Wiesner's über die für die Gährung günstigste Concentration der zu vergährenden Flüssigkeit an und hat dieser Forscher gefunden, daß Flüssigkeiten, deren Zuckergehalt zwischen 20 und 25 Percenten Zucker (Rohrzucker) liegt, am besten vergähren; merkwürdigerweise soll dies auch der Fall sein, wenn die Nährflüssigkeit eine verhältnißmäßig sehr geringe Zuckermenge — zwischen 2 und 4 Percenten — enthält, so daß sich eigentlich zwei Concentrationsgrade der Flüssigkeit ergeben würden, bei welchen dieselbe am leichtesten von der Hefe aufgenommen — respective vergährt werden kann. Bei der Vergährung von Flüssigkeiten, deren Zuckergehalt aber innerhalb der angegebenen Grenzen von 2 bis 4 Percenten liegt, zeigt sich eine höchst merkwürdige Erscheinung, welche, wenn weiter verfolgt, gewiß neue werthvolle Aufschlüsse über die Lebensthätigkeit der Alkoholfermente geben dürfte.

Bei einem so geringen Zuckergehalte der Flüssigkeit wird letzterer zwar vollständig zerlegt, aber nicht mehr in der normalen Weise, unter Bildung einer gewissen Menge von Alkohol und Kohlensäure, sondern ergiebt die direkte Wägung, daß weniger Kohlensäure producirt wird, als nach der Rechnung entstehen sollte. Es ist vielleicht möglich, diese Erscheinung in der Weise zu erklären, daß die Hefe, wenn einmal nur mehr geringe Zuckermenge vorhanden ist, dieselbe ausschließlich zu ihrer Ernährung verwendet; wir wissen aus den später anzuführenden Untersuchungen über die Mengen der Gährungsprodukte, daß immer ein gewisser Bruchtheil des in einer Flüssigkeit, die sich in alkoholischer Gährung befindet, vorhandenen Zuckers blos zur Ernährung der Fermentorganismen verwendet wird und aus demselben andere Produkte, als: Kohlensäure, Alkohol, Glycerin u. s. w. entstehen. Die Hülle der Alkoholfermente besteht aus Cellulose — sollte nicht eine gewisse Menge von Zucker zur Bildung dieses Körpers verwendet werden und auf diese Weise der bei der Gährung wahrgenommene Verlust erklärt werden können?

Der Einfluß der Temperatur auf die Gährungsorganismen.

Die Temperatur nimmt, wie auf alle lebenden Wesen, so auch auf die Fermentorganismen einen mächtigen Einfluß; wie sich aber diese Organismen überhaupt als eine ganz eigenthümliche Gruppe von Lebewesen darstellen, die in vielen Dingen bedeutend von allen anderen Organismen abweichen, so zeigen sie auch bezüglich der Temperaturgrenzen, innerhalb welcher sie zu leben vermögen, besondere Eigenthümlichkeiten. Wir können die Einwirkung der Temperatur auf die Fermentorganismen in doppelter Weise betrachten: einmal mit

Bezug auf den Gährungsvorgang und das andere Mal blos mit Berücksichtigung der physiologischen Verhältnisse der Pflanzen selbst.

Wenn wir uns zuerst der Wirkung der Alkoholfermente bei verschiedenen Temperaturen als gährungserregende Körper zuwenden, so finden wir, daß die Grenzen für diese Thätigkeit zwischen Null und 35 Graden C. liegen. Obwohl, wie ich beobachtet habe, die Mehrzahl der Alkoholfermente innerhalb der eben angegebenen Grenzen vergährende Wirkungen zu äußern vermag, so ist es durchaus nicht gleichgültig, sowohl für die Entwickelung des Fermentes, als auch für die Art der durch dasselbe hervorgebrachten Gährungsprodukte, bei welcher Temperatur das Ferment seine Thätigkeit auszuüben gezwungen ist. Wir sehen bei den höheren Pflanzen, daß dieselben an gewisse Temperaturverhältnisse gebunden sind und im wilden Zustande sich streng an die Grenzen halten, welche durch die Temperaturverhältnisse eines Ortes bedingt sind; ein ähnliches Verhältniß scheint bei den Alkoholfermenten zu walten und zeigt sich z. B. an jenen Fermenten, welche gewöhnlich im Weinmoste zur Wirksamkeit gelangen, die größte Thätigkeit bei einer etwa bei 18 bis 20 Graden liegenden Temperatur; vermindert man die Temperatur des Mostes, so beobachtet man in sehr kurzer Zeit ein bedeutendes Sinken der Gährungsintensität — der Gährungsvorgang, welcher sonst innerhalb weniger Tage zu Ende ist, benöthigt bei einer Temperatur, welche etwa bei 10 Graden liegt, viele Monate zu seinem vollen Verlaufe — wohl ein deutlicher Beweis dafür, daß die Temperatur von 18 oder 20 Graden jene ist, bei welcher sich das Alkoholferment des Weinmostes (in den meisten Fällen besteht dasselbe aus Saccharomyces ellypsoideus) am günstigsten entwickelt. Diese Temperatur dürfte auch jene sein, welche der Mehrzahl aller Alkoholfermente zusagt, mit Ausnahme von Saccharomyces cerevisiae in einer seiner zwei Varietäten. Sehr beachtenswerth ist die Thatsache, daß bei einer Temperatur, die mehr als 35 Grade beträgt, der Gährungsvorgang nicht mehr so gleichmäßig verläuft, wie bei geringerer Wärme, sie erscheint uns als Beweis dafür, daß wenig über 35 Graden die ebene Grenze der Temperatur liegt, innerhalb welcher überhaupt Alkoholgährung statthaben kann.

Daß bei höherer Temperatur der ganze Gährungsvorgang einen anderen Verlauf nimmt, als bei den eben genannten Wärmegraden, können wir deutlich an jenen gegohrenen Flüssigkeiten beobachten, welche in den Tropenländern dargestellt werden, wie z. B. der Rum. Bei der Gährung des Rums bildet sich eine bedeutende Menge jener Verbindungen, welche wir unter der gemeinsamen Benennung der Fuselöle zusammenfassen. Auch bei der Gährung von Branntweinmaischen bei höherer Temperatur bildet sich erfahrungsmäßig eine größere Menge von Fuselöl, als wenn die Gährung bei geringerer Wärme erfolgt. Die Fuselöle sind aber Verbindungen von höherer Zusammensetzung als jene, welche wir als die normalen Gährungsprodukte bezeichnen, die bei jeder Temperatur, innerhalb welcher noch Gährung stattfindet, gebildet werden können. Möglicherweise ist die Entstehung dieser höher zusammengesetzten Verbindungen bei der Gährung der durch die hohe Temperatur abnehmenden Gährungsenergie der Fermentorganismen zuzuschreiben.

In jenen Fällen, in welchen es sich somit darum handelt, die Entstehung der Fuselöle nicht zu weit gehen zu lassen, z. B. bei der Gährung des Weinmostes, wird es entschieden angezeigt erscheinen, die Gährung bei nicht zu hoher Temperatur vor sich gehen zu lassen; in der Praxis hat man in dieser Beziehung eine Temperatur von 18 bis 20 Graden als den richtigsten erkannt und läßt man die edelsten Weinsorten bekanntlich bei dieser Temperatur vergähren. Handelt es sich darum, in kurzer Zeit möglichst viel Alkohol zu produciren, so kann man die Temperatur der Gährung etwas höher stellen und dürfte 25 Grade hierfür der geeignetste Wärmezustand sein — jedoch nur in dem Falle, in welchem es sich um die Darstellung von Alkohol handelt, der durch Rectification von den Fuselölen befreit werden kann.

Mehrere Beispiele aus der Praxis haben gezeigt, daß bei einer starken Gährung und bei Anwendung bedeutender Flüssigkeitsmengen die Temperatur der gährenden Flüssigkeit so hoch steigen kann, daß die Fermentorganismen plötzlich zu wirken aufhören und nur durch rasche Abkühlung die Gährung wieder ihren normalen Verlauf erlangt. Derartige Erscheinungen wurden z. B. wiederholt an Rothweinmaische beobachtet, die in Folge der lebhaften Gährung bis über 40 Grade erwärmt wurde und mit einem Male zu gähren aufhörte.*)

Bei jenem Alkoholfermente, welches seit langer Zeit als Culturpflanze gezogen wird, haben sich zwei Varietäten herausgebildet, welche in hohem Maße von der Temperatur der gährenden Flüssigkeit abhängig sind: die Oberhefe und die Unterhefe. Es ist bis nun eine nicht gelöste Frage, ob diesen beiden Varietäten von Saccharomyces cerevisiae noch die Fähigkeit zukommt, sich soweit an geänderte Lebensbedingungen anzupassen, daß sie in einander völlig überzugehen vermögen; die Versuche, welche man in dieser Richtung angestellt hat, sind auf eine viel zu geringe Zahl von Generationen der Fermente beschränkt geblieben, als daß man aus denselben einen sicheren Schluß über die Fähigkeit der beiden Hefevarietäten, in einander überzugehen, ziehen könnte. Wir wissen aber aus der Praxis, daß die sogenannte Unterhefe ihre vergährenden Eigenschaften am besten bei einer zwischen 4 und 6 Graden liegenden Temperatur zu äußern vermag, indeß die Oberhefe bei einer etwa 12 bis 14 Graden betragenden Temperatur wirkt und bei der Branntweinhefe, welche mit der Oberhefe identisch ist, dieses Ferment in den meisten Fällen gezwungen wird, bei einer noch höher liegenden Temperatur zu wirken.

Obwohl nun jedes specifische Alkoholferment, wie es scheint, bei einer ganz bestimmten, innerhalb enger Grenzen eingeschlossenen Temperatur am energischesten wirkt, so dauert die einmal eingeleitete vergährende Thätigkeit dieser Fermente noch fort, wenn man auch die Temperaturen sehr bedeutend abändert. Man kann in voller Alkoholgährung befindlichen Traubenmost bis zum Eispunkt abkühlen, ohne daß die Gährung unterbrochen wird; sie vermindert in Folge der Temperaturerniedrigung einfach ihre Intensität.

Wahrhaft überraschend erscheint uns aber die Lebenszähigkeit der Alkohol-

---

*) Kerntler in Annalen der Oenologie, Band VII.

fermente in Bezug auf die äußersten Temperaturgrenzen, die sie überhaupt zu ertragen vermögen, ohne getödtet zu werden. Die gewöhnliche Bierhefe soll z. B. im Stande sein, eine Temperatur von 113 Graden zu ertragen, ohne zu Grunde zu gehen — eine Angabe, deren Bestätigung, obwohl sie für die Praxis von keinem Werthe ist, dennoch von bedeutendem Interesse wäre, indem sie uns den Beweis liefern würde, daß ein Organismus, dessen Lebensthätigkeiten durch eine so niedere Temperatur absolut gehemmt sind, diesen Zustand eine gewisse Zeit lang ertragen kann, ohne dabei vernichtet zu werden.

Bezüglich der Temperaturgrenzen nach oben, welche die Alkoholfermente und die Fermente überhaupt zu ertragen vermögen, liegen zahlreiche Untersuchungen vor, indem diese Frage bekanntlich in innigem Zusammenhange mit der Conservirung gegohrener Flüssigkeiten und der Lebensmittel überhaupt steht. Trotz der vielfachen Versuche, welche über diesen Gegenstand angestellt wurden, ist man bis nun nicht zu völlig feststehenden Zahlen gelangt. Es ist nämlich jetzt erwiesen, daß die Fermente im trockenen Zustande viel höhere Temperaturen ohne Schaden zu ertragen vermögen, als wenn sie in Flüssigkeit getaucht sind. Neben diesem Umstande scheint auch das Alter der Fermentzellen einen Einfluß auf die Temperatur zu nehmen, bei welcher die Organismen mit Bestimmtheit getödtet werden. Wir lassen nachstehend die über diesen Gegenstand veröffentlichten Untersuchungen folgen — sie zeigen am besten, welche Unsicherheit gegenwärtig noch über denselben herrscht.

Saccharomyces cerevisiae wird getödtet bei einer Temperatur von:

45 Graden im nassen Zustande (nach Wiesner),
68—69 in Flüssigkeit getaucht „ „
Ueber 100 im trockenen Zustande „ „
72 Graden in Flüssigkeit getaucht nach Manassein,
140 Lufttrocken nach Manassein,
76—83 im nassen Zustande nach Karsten,
215 im trockenen Zustande „ „
53 Graden nach Pasteur, Mayer.

Was nun die von Manassein und Karsten angegebenen Temperaturen anlangt, so halte ich dieselben für entschieden zu hohe; als äußerste Grenze, bei welcher die Alkohol-Fermente ohne Ausnahme in Flüssigkeiten getödtet werden, habe ich aus meinen Versuchen die Temperatur von 70 Graden gefunden. Im trockenen Zustande ist es hingegen wahrscheinlich, daß die Fermente bedeutend höhere Temperaturen zu ertragen vermögen, ohne getödtet zu werden — ein Fall, der übrigens hier nicht in Betracht kommt. Daß sich aber die Fermente in dieser Beziehung auf sehr verschiedene Art verhalten, läßt sich leicht bei der Vergleichung des Milchsäurefermentes mit anderen Fermenten nachweisen — während die anderen Fermente längst schon getödtet sind, vermag das Milchsäureferment Wärmegrade zu ertragen, welche bis zu 110 Graden gehen.

Am unempfindlichsten gegen die Einwirkung bedeutender Hitzgrade scheinen die Sporen zu sein — wenigstens läßt sich dieses aus dem Verhalten jener Sporen schließen, welche uns in genügender Menge zu Versuchen zur Verfügung

stehen. Ich habe wiederholt die Sporen des gemeinen Schimmels, Penicillium glaucum, einer Temperatur von 140 Graden ausgesetzt, ohne daß sie hierdurch getödtet wurden; auf entsprechende Nährflüssigkeiten ausgesät, begannen sie sich sogleich zu entwickeln. Da wir kein hinreichendes Mittel kennen, um die Sporen der Alkoholfermente für sich allein hohen Temperaturen auszusetzen, so muß die Frage über den Wärmegrad, bei welchen dieselben getödtet werden, noch offen gelassen werden.

Die gährungsschädlichen Einflüsse.

Die Gährungsorganismen können nur in normaler Weise gedeihen, wenn ihnen neben den nöthigen Nährstoffen auch noch die genügende Menge von Wasser zur Verfügung steht und die Nährflüssigkeit eine bestimmte Temperatur zeigt. Wie ungemein empfindlich diese Organismen gegen die unvollkommene Erfüllung einer der angegebenen Lebensbedingungen sind, wurde schon im allgemeinen erörtert und werden wir auf diesen Gegenstand nochmals bei der Besprechung der sogenannten Selbstgährung der Hefe zurückkommen müssen. Wir kennen aber eine Anzahl von Körpern, welche auf die Fermente der Alkoholgährung einen entschieden giftigen Einfluß ausüben und müssen diese Körper hier etwas eingehender besprechen, indem namentlich in neuerer Zeit vielfach von denselben die Rede war und manche dieser Körper auch in der Technik der Gährungsgewerbe eine nicht unbedeutende Rolle spielen.

Unter jenen Körpern, deren giftige Wirkung auf die Alkoholfermente schon seit langem bekannt ist, steht die schwefelige Säure obenan. Es ist bis nun noch gar nicht festgestellt, wie gering die Mengen von schwefeliger Säure sind, welche hinreichen, um in einer gegebenen Flüssigkeitsmenge alle Fermentorganismen zu tödten. Jedenfalls ist dieselbe eine ungemein geringe und sind namentlich gewisse Fermente in hohem Grade gegen diesen Körper empfindlich. Was die Alkolfermente anlangt, so wird zwar die vergährende Wirkung derselben in kürzester Zeit vernichtet, wenn man der gährenden Flüssigkeit auch nur eine sehr kleine Menge von schwefeliger Säure zufügt; um diese Fermente aber mit Sicherheit zu tödten, bedarf es entschieden größerer Mengen von schwefeliger Säure als für die anderen Fermente erforderlich sind. Wenn man z. B. frischen Traubenmost, welcher sich schon in voller Gährung befindet, mit schwefeliger Säure versetzt, so hört die Gährung sofort auf; läßt man hingegen die Flüssigkeit unter Verhältnissen, in welchen der Zutritt von Fermenten aus der Luft absolut unmöglich gemacht ist, monatelang stehen, so beginnt in den meisten Fällen die Gährung wieder und läßt sich bei der aufmerksamsten Untersuchung der neugebildeten Gährungsorganismen mit Hülfe des Mikroskopes absolut kein fremdes Ferment erkennen. Dieser Versuch, welchen ich mehrere Male immer mit dem gleichen Erfolge ausführte, scheint den Beweis zu liefern, daß die Alkoholfermente größere Mengen von schwefeliger Säure zu ertragen vermögen, als die anderen und daß eine Quantiät von schwefeliger Säure, welche hinreichend ist, um andere Fermente mit Sicherheit zu tödten, die Alkoholfermente blos für eine gewisse Zeit zu

lähmen, nicht aber zu tödten vermag. Es sei übrigens erwähnt, daß bei Anwendung von etwas größeren Mengen von schwefeliger Säure die Alkoholfermente ebenfalls getödtet werden, und wird bekanntlich diese Eigenschaft der schwefeligen Säure vielfach in der Kellerwirthschaft der Weinproducenten benutzt.

In ähnlicher Weise wie die schwefelige Säure wirkt der schwefeligsaure Kalk, den man ebenfalls als Conservirungsmittel — namentlich für Bier — empfohlen hat; nach den von dem Verfasser mit diesem Körper angestellten Versuchen vermag derselbe allerdings die Entwickelung des Alkoholfermentes im Biere für einige Zeit zu lähmen, ohne jedoch diese Wirkung in gleichem Maße auf die anderen im Biere vorkommenden Fermente zu äußern.

Neben der schwefeligen Säure kennen wir noch eine größere Zahl von anorganischen Körpern, denen im hohen Grade die Fähigkeit zukommt, den Fermenten gegenüber als Gift zu wirken. Am kräftigsten in dieser Beziehung wirkt das Quecksilberchlorid, indem dieser Verbindung die Eigenschaft innewohnt, außerordentlich große Mengen von Eiweißkörpern gerinnen zu machen; nachdem nun der Inhalt des Zellenleibes seiner Hauptmasse nach aus Eiweißkörpern besteht, so läßt sich die ungemein giftige Wirkung des Quecksilberchlorids hieraus erklären.

Die Borsäure ist ein Körper, der bekanntlich von höheren Organismen in großen Mengen vertragen wird; gegen die Fermente verhält sich diese Verbindung aber entschieden als Gift. Ein ähnliches Verhalten zeigt die Salicylsäure, welche nach Kolbe für den Menschen gänzlich unschädlich sein soll, aber schon in ungemein geringen Mengen einer Flüssigkeit zugesetzt, auf die in ihr enthaltenen Fermente als Gift einwirkt. Man hat im Laufe der letzten Jahre diesen Körper vielfach in der Kellerwirthschaft angewendet und hat bezüglich desselben die Erfahrung gemacht, daß schon der hunderttausendste Theil, dem Gewichte nach, an Salicylsäure hinreicht, um die Mehrzahl der in der Flüssigkeit vorhandenen Fermente zu tödten; die Alkoholfermente scheinen aber auch der Salicylsäure gegenüber eine größere Widerstandsfähigkeit zu besitzen, als die übrigen ähnlichen Organismen, denn um das Eintreten der Gährung mit voller Sicherheit für immer aufzuheben, bedarf es eines Zusatzes weit größerer Mengen von Salicylsäure, als die angegebenen.

Nach A. Mayer übt die Carbolsäure auf die Fermente keinen besonders großen Einfluß und soll von den Alkoholfermenten bis zu einer gewissen Grenze vertragen werden können. Diese Angabe stimmt nicht mit den Erfahrungen überein, welche ich bezüglich der Wirkung der Carbolsäure gemacht habe; meinen Versuchen zufolge ist sie neben Chloroform und dem Quecksilberchloride das heftigste Gift für die Alkoholfermente und tödtet dieselben schon mit Sicherheit, wenn nur ein hunderttausendstel davon einer gährenden Flüssigkeit zugesetzt wird.

Das Alkoholferment zeigt immer eine schwach saure Reaction — hebt man dieselbe durch Zusatz von Alkalien auf, so werden die Organismen in kürzester Zeit getödtet, wenn das Kali nur ganz wenig im Ueberschusse ist; wir müssen demnach die Alkalien zu entschieden giftigen Körpern mit Rücksicht auf die Alkoholfermente rechnen. Merkwürdiger Weise sind die Alkoholfermente gegen Strichnin

vollkommen unempfindlich und wurde dieses Verhalten schon von Schwann beobachtet (vergleiche Seite 35). Die Salze der schweren Metalle sind für die Alkoholfermente Gifte, jedoch vermögen dieselben davon immerhin Quantitäten zu ertragen, welche verhältnißmäßig große genannt werden können; das gleiche gilt von Arsentrioxyd und Antimonverbindungen. Selbst jene Verbindung, welche thierischen Organismen gegenüber als das energischeste aller Gifte wirkt, die Blausäure, kann einer gährenden Flüssigkeit in gewissen Quantitäten zugefügt werden, ohne daß die Fermente hierdurch getödtet werden. Die Frage nach den Körpern, welche sich den Fermenten gegenüber als Gifte verhalten, ist eine sehr wichtige, denn, wenn es gelingen sollte, einen Körper ausfindig zu machen, welcher diesen Organismen zwar gegenüber als Gift wirkt, gegen höher stehende Wesen jedoch indifferent bleibt, so könnte man in der Praxis hiervon den ausgedehntesten Gebrauch machen, um das Eintreten der Gährung entweder völlig zu verhindern oder dieselbe an einem gewissen Punkte gänzlich abzuschneiden.

Einer Reihe von vergleichenden Versuchen zufolge, welche Fleck über die Wirksamkeit verschiedener Körper als Fermentgifte angestellt hat, wirken Benzoësäure und Zimmetsäure weit kräftiger als die Salicylsäure und soll die gährungshemmende Kraft dieser Verbindungen überhaupt von vielen Nebenumständen abhängig sein. Nach Fleck*) vermindert sich der Wirkungswerth der gährungshemmenden Körper in dem Maße, in welchem die Quantität der stickstoffhaltigen Nahrung der Fermente zunimmt. Es müssen demnach, zu verhindern, daß eine Flüssigkeit überhaupt in Gährung gerathe, größere Mengen der Conservirungsmitteln angewendet werden, als wenn die Flüssigkeit schon eine Zeit lang in Gährung war, weil im letzteren Falle die Menge der stickstoffhaltigen Körper in der Flüssigkeit eine Verminderung erfährt.

Der Alkohol, obwohl selbst zu den Gährungsprodukten gehörig, ist ein Körper, welcher der Entwickelung von Fermenten hemmend entgegentritt; größere Mengen desselben einer gährenden Flüssigkeit zugesetzt, heben die Gährung sofort auf und dürfte sich die Wirkung des Alkohols in ähnlicher Weise erklären lassen, wie jene einer größeren Zuckermenge, welche ebenfalls gährungshemmend wirkt; in beiden Fällen findet rasche Wasserentziehung statt und ist das Ferment nach den Wiesner'schen Untersuchungen gegen eine solche sehr empfindlich.

Anhang.

Die Selbstgährung der Hefe.

Ehe man dahin gelangte, zu erkennen, daß die Fermentorganismen in Bezug auf ihr Nahrungsbedürfniß sich eng an die anderen Organismen anschließen, wußte man eine Erscheinung, die unter der Bezeichnung der Selbstgährung bekannt ist, nicht genügend zu erklären; gegenwärtig ist dieselbe ihrer Wesenheit

*) Benzoësäure, Carbolsäure, Salicylsäure. Von Prof. Fleck. München 1875.

nach ziemlich vollkommen aufgeklärt, und liefert diese Erscheinung manche wichtige Anhaltspunkte für das Wesen des ganzen Gährungsvorganges.

Ueberläßt man nämlich Bierhefe in nassem Zustande sich selbst, so macht man die Wahrnehmung, daß dieselbe fortfährt, Kohlensäure und Alkohol zu produziren; taucht man die Hefe in reine Zuckerlösung, so findet der gleiche Vorgang statt. Neben der Gährung, die man als eine Fortsetzung der Lebensthätigkeit betrachten könnte, die so lange andauert, als die hierzu erforderlichen Nahrungsstoffe vorhanden sind, findet aber auch die Neubildung von Zellen statt, so daß wir bei der Selbstgährung der Hefe alle jene Lebensfunktionen beobachten können, welche sich unter normalen Verhältnissen vollziehen.

Wenn man die doppelte Funktion der Fermentorganismen — Ernährung und Vermehrung ins Auge faßt, so ergiebt sich, daß der erstere Vorgang derjenige ist, welcher zuvörderst die größte Wichtigkeit für den Organismus besitzt, und der unter allen Umständen stattfinden muß, wenn der Organismus nicht zu Grunde gehen soll. Im Inneren einer größeren Hefemasse fehlt der freie Sauerstoff vollständig — aller Sauerstoff, welcher zu der an der Luft liegenden Hefe treten kann, wird sogleich von den an der Oberfläche liegenden Zellen aufgenommen. Wir müssen uns aber die Zelle des Alkoholfermentes, welche aus einer Flüssigkeit genommen wird, in der sie Gährung verursachte, von solcher Beschaffenheit denken, daß sie alle jene Körper, deren sie zur Ausübung der Vergährung bedarf, in sich schließt — es ist gleichgültig, ob unter diesen Körpern Zucker enthalten ist oder nicht; dieselben werden jedenfalls von solcher Beschaffenheit sein, daß die Zelle aus ihnen die gewöhnlichen Gährungsprodukte zu produziren vermag. Sobald aber diese Körper in Folge der fortschreitenden Gährung verschwunden sind, muß eine Aenderung des Lebensprozesses des Fermentes eintreten — auch wenn dasselbe in eine Lösung von reinem Zucker eingetaucht ist. Es fehlen nämlich die zur normalen Fortbildung der Pflanze erforderlichen stickstoffhaltigen Körper in der Flüssigkeit, und tritt nunmehr eine nicht normale Ernährungsweise ein, welche sich mit dem Hungerzustande vergleichen läßt.

Die Organismen haben keinen anderen Stickstoff zur Verfügung als jenen, welchen sie schon einmal verwendet haben, und welcher sich unter den ausgeschiedenen Körper befindet. Obwohl diese Körper als Ausscheidungsstoffe gewiß ein sehr schlechtes Nahrungsmittel für die Organismen abgeben, scheint es doch, als wenn sie von denselben in Ermangelung günstigerer Nahrung wieder aufgenommen werden könnten. Es entstehen aber in diesem Falle selbstverständlich nicht mehr die normalen stickstoffhaltigen Ausscheidungsprodukte der Alkoholfermente, sondern solche, welche einfacher zusammengesetzt sind und sich in Bezug auf ihre Zusammensetzung jenen nähern, welche unter den Faulnißprodukten der Hefe nachgewiesen werden können. In Folge dieses Vorganges findet aber eine beständige Verminderung des Stickstoffgehaltes der Organismen statt, denn gewisse Stickstoffverbindungen — namentlich die Körper, welche wiederholt in Form von immer einfacher zusammengesetzten Verbindungen von den Organismen aufgenommen werden, reichen schließlich nicht mehr aus, um eine genügende Stickstoffnahrung für die Fermente abzugeben.

Wir wissen zwar[1], daß selbst der einfachst zusammengesetzten Wasserstoffverbindung des Stickstoffes die Fähigkeit zukommt, die Fermentorganismen — wenn auch nur sehr kümmerlich zu ernähren — aber es ist hierbei zu bedenken daß in der Hefe, welche der Selbstgährung unterliegt, eine viel größere physiologische Arbeitsleistung stattfindet, als in solcher Hefe, welche neben den Salzen und Zucker noch Ammoniakverbindungen erhält; die Organismen sind gezwungen, ihre physiologische Thätigkeit fortwährend zu ändern, indem sie Stoffe, die sie schon einmal ausgeschieden haben, abermals aufnehmen müssen. Ueberdies findet wegen der fortdauernden Neubildung von Zellen auch eine stetige Abnahme der Mineralstoffe statt — wodurch die Organismen neuerdings geschwächt werden können.

Das Zunehmen der Hefe, welche sich in der Selbstgährung befindet, an Gewicht, ist eine Erscheinung, welche sich bei der in Zuckerlösung getauchten Hefe leicht erklären läßt; ein Theil des vorhandenen Zuckers wird wie bei dem gewöhnlichen Gährungsvorgange zur Bildung von Cellulose Fett u. s. w. verwendet, und kann nur hierdurch eine Vermehrung des Gewichtes der Hefe stattfinden. Die Selbstgährung der Hefe ist eine Erscheinung, welche immer mit dem Tode der Hefe endet; bringt man nämlich Hefe, die in reiner Zuckerlösung vegetirt hatte, in immer neue Mengen von Zuckerlösung, so nimmt die Gährungsintensität stetig ab, und verliert die Hefe schließlich die Fähigkeit, Gährung zu erregen in vollständiger Weise — sie stirbt ab, indem ihr nicht nur die stickstoffhaltigen Nahrungsmittel vorenthalten bleiben, sondern auch ein Hungerzustand in Bezug auf die Nährsalze eintritt.

Bei der Selbstgährung von Hefe, welche nicht in Zuckerlösung eingetaucht ist — sich somit unter den denkbar ungünstigsten Ernährungsverhältnissen befindet, müssen wir uns die Bildung von Alkohol offenbar dadurch erklären, daß alle Kohlehydrate, die sich in dem Leibe der Zelle vorfinden, zur Bildung dieses Körpers herangezogen werden, und nur die Cellulose an derselben weniger Antheil nimmt, indem sie einen der wichtigsten geformten Bestandtheile der Organismen — die Hülle — bilden hilft. Daß der Inhalt der Hefezellen in der That neben den stickstoffhaltigen Körpern auch noch solche enthalte, welche zu den Kohlehydraten gehören müssen, hat Pasteur auf indirektem Wege bewiesen. Er erhielt beim Kochen von Hefe mit verdünnter Schwefelsäure eine Zuckermenge, welche volle 20 Percente betrug; diese Zuckermenge kann nicht ausschließlich aus der Cellulose entstanden sein, sondern es bleibt nur die Annahme, daß sie aus Kohlehydraten gebildet wurde, welche in dem Zellinhalte gelöst enthalten waren.

Wie wir schon erwähnten, müssen die Gährungsorganismen bei der Selbstgährung den ganzen Verlauf ihres physiologischen Prozesses ändern, und werden sowohl die in den abgestorbenen Zellen vorhandenen Nährstoffe, als die ausgeschiedenen Körper soweit sie überhaupt noch für die Organismen verdaulich sind, fort und fort zur Bildung neuer Zellen verwendet, bis schließlich völlige Erschöpfung eintritt und alle Organismen absterben.

Die Ernährungsverhältnisse des Kahnfermentes.

(Saccharomyces Mycoderma.)

Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß die verschiedenen Arten der Alkoholfermente — eben, weil sie bestimmte Species sind, in Bezug auf ihre physiologischen Eigenschaften gewisse Verschiedenheiten zeigen, die sich durch die Menge des Alkohols, welchen sie produciren, sowie durch eine Reihe anderer chemisch-physiologischer Erscheinungen nachweisen lassen. Schon der Umstand, daß gewisse Alkoholfermente beinahe ausschließlich nur in solchen Flüssigkeiten auftreten, welche schon eine gewisse Menge von Alkohol enthalten (die sogenannten Nachgährungsfermente), zeigt uns deutlich, daß den verschiedenen Alkoholfermenten auch verschiedene Ernährungsbedingungen zukommen. Wenn wir einmal in der Kenntniß der physiologischen Verhältnisse der Gährungsorganismen so weit gelangt sein werden, daß wir dieselben genau für jedes specifische Ferment ermittelt haben, so muß sich aus diesen Arbeiten gewiß die Lösung vieler Fragen über die Gährung ergeben, welche uns heute noch völlig dunkel erscheinen. Mit Ausnahme der Untersuchungen, welche über den technisch wichtigen Organismus der Bier- und Branntweingährung gemacht wurden, besitzen wir nur einige Untersuchungen über das bei der Hauptgährung des Weines am häufigsten auftretende Ferment: Saccharomyces ellypsoideus.

Angesichts dieser Thatsache erscheint es sehr erfreulich, daß sich ein Forscher eingehender mit der Frage nach den Ernährungsverhältnissen eines besonderen Fermentes aus der Gruppe der Saccharomyces-Arten beschäftigt hat und verdanken wir Schultz eine größere Untersuchung über die physiologischen Verhältnisse des Kahnpilzes: Saccharomyces Mycoderma, welche in vieler Beziehung mit den von dem Verfasser dieses Werkes schon früher gemachten Beobachtungen übereinstimmen. Aus den Untersuchungen von Schultz ergiebt sich vor allem Anderen die merkwürdige Thatsache, daß das Kahnferment ganz besonders in Flüssigkeiten gedeiht, welche Alkohol enthalten; fehlt der Alkohol, so ist es nach Schultz mit den größten Schwierigkeiten verbunden, das Ferment zur weiteren Entwickelung zu bringen, während es bei Gegenwart dieses Körpers selbst mit solchen Nährflüssigkeiten vorlieb nimmt, welche wir als schlechte Nahrungsmittel der Alkoholfermente kennen gelernt haben, z. B. der Ammoniaksalze. Es sei übrigens bemerkt, daß das Kahnferment jedoch auch in solchen Flüssigkeiten zu gedeihen vermag, in denen sich absolut gar kein Alkohol vorfindet und hat Schultz selbst gezeigt, daß dies in Flüssigkeiten der Fall sein könne, welche keinen Alkohol, aber Asparagin oder Aepfelsäure und Salze enthalten. Als besonders günstige Nahrungsmittel ergaben sich Schultz solche Flüssigkeiten, welche neben Alkohol Weinsäure, Apfelsäure, Bernsteinsäure, Salze enthielten; auch Glycerin und selbst Dextrin sollen sich gut zur Ernährung dieses Fermentes eignen. Essigsäure, Gerbstoff und Dextrose sollen hingegen die Entwickelung des Fermentes beeinträchtigen (?).

In Bezug auf die Nährstoffe, welche für dieses Ferment eine schlechte

Nahrung abgeben, fand Schultz große Uebereinstimmung mit den von A. Mayer bezüglich der anderen Saccharomyces-Arten gemachten Wahrnehmungen — ein Umstand, welcher uns einen Fingerzeig für die zwischen allen hierher gehörigen Pflanzen giebt; in Bezug auf die fermentirende Kraft müssen wir aber das Kahnferment als ein kräftigeres ansehen, als die eigentlichen Alkoholfermente, indem es sehr tiefgehende Zersetzungen hervorbringt und z. B. Alkohol völlig in Kohlensäure und Wasser zerlegt, in gewissen Flüssigkeiten sogar das weinsauere Kali völlig in kohlensaueres Kali überführen kann — eine Erscheinung, welche ich an einem durch Kahn erkrankten Weine zu beobachten Gelegenheit hatte. Die in größter Menge auftretenden Gährungsprodukte in einer Flüssigkeit, welche durch Saccharomyces Mycoderma vergährt wird, sind Kohlensäure und Wasser; man könnte das Fortschreiten der Gährung sehr leicht durch die Menge der sich entwickelnden Kohlensäure controliren, wenn es nicht nothwendig wäre, dem Fermente fortwährend freien Sauerstoff zuzuführen; Schultz schlug daher den Weg ein, daß er die Intensität der Gährung an der Intensität der Vermehrung des Gährungsorganismus zu messen suchte, indem er die neugebildeten Organismen dem Gewichte nach bestimmte. Wenn wir versuchen, die Gewichtsvermehrung des Fermentes und die Menge des vergohrenen Alkohols in ein Verhältniß zu bringen, so gelangen wir auch in diesem Falle zu Zahlen, welche mindestens ebenso unsichere sind, als wenn wir den Versuch machen, eine Relation zwischen der neu producirten Hefe und der Menge des verzehrten Zuckers bei einer gewöhnlichen Alkoholgährung zu ziehen. In beiden Fällen wirken nämlich die Nebenumstände der Ernährung — die Beschaffenheit der Nährflüssigkeit selbst — der reichlichere oder minder reichliche Zutritt des Sauerstoffes und endlich der Wärmegrad der Flüssigkeit auf die Vermehrung der Organismen ein.

Es darf nach dem eben gesagten nicht überraschend erscheinen, daß die schnellste Verbrennung des Alkohols nicht mit der kräftigsten Vermehrung der Kahnorganismen zusammenfällt; nach meinen Versuchen ist die Zerstörung des Alkohols am raschesten verlaufend, wenn die Schichte des Fermentes auf der Oberfläche der Flüssigkeit noch eine ziemlich dünne ist und schließe ich hieraus, daß in diesem Falle die größtmöglichste Anzahl von Zellen freien Sauerstoff aufzunehmen und dann die vergährende Wirkung auf den Alkohol am kräftigsten zu äußern im Stande ist. — Es sei an dieser Stelle ganz besonders daran erinnert, daß das Ferment, mit welchem wir uns eben beschäftigen, als eine echte Saccharomycesart auch im Stande ist, Zucker selbst in Alkohol und Kohlensäure zu zerlegen — daß ihm aber diese Fähigkeit nur dann zukommt, wenn man die Pflanze in jene beschränkten Verhältnisse versetzt, welche überhaupt für die Wirkung einer Pflanze als echtes Ferment maßgebend sind: nämlich, daß man den freien Sauerstoff absolut ausschließt. Es giebt vielleicht kaum ein zweites Ferment, welches so ungemein gierig ist, des freien Sauerstoffes habhaft zu werden, als gerade das Kahnferment. Säet man Kahnferment auf der Oberfläche einer Flüssigkeit aus, welche dasselbe gut zu ernähren vermag (das beste Nährmittel für dasselbe, welches von keiner künstlichen Mischung übertroffen werden dürfte, bildet junger Wein), so bemerkt man in sehr kurzer Zeit,

daß sich das Ferment ungemein vermehrt und binnen Kurzem die ganze Oberfläche des Weines mit einer gleichförmigen weißen Haut überdeckt. Sobald aber diese Haut so weit entwickelt ist, daß die gesammte Oberfläche der Flüssigkeit davon überdeckt wird, tritt eine Veränderung in dem Aussehen der Haut ein; man beobachtet zuerst, daß gewisse Stellen der Fermentschichte ein Aussehen erlangen, welches auf ein Dichterwerden der Schichte von Organismen in derselben hindeutet und hat nach einiger Zeit die auf der Flüssigkeit lagernde Fermentmasse ein Aussehen erlangt, welches lebhaft an das einer Thiermembrane erinnert. Bei noch längerer Wucherung des Fermentes erheben sich an der Oberfläche der Fermentmasse, die schließlich eine ungemein große Dicke erlangt, und unter günstigen Umständen bis zu einem Centimeter dick werden kann — Wülste, die mit freiem Auge bemerkbar sind, während von jener Schichte des Fermentes, welche die tiefste Lage einnimmt, fortwährend Zellen auf den Grund der Flüssigkeit hinabsinken.

Wir erklären uns diese eigenthümlichen Verhältnisse der Kahndecke in Bezug auf ihre Structur ausschließlich aus dem Bestreben, welches jede Zelle zeigt, mit freiem Sauerstoff in Berührung zu bleiben. Wir müssen annehmen, daß bei einigermaßen starker Vermehrung des Fermentes über der Oberfläche der Flüssigkeit beständig eine Schichte von Kohlensäure lagert, die ihre Entstehung der Verbrennung verdankt, welche durch das Kahnferment in der Flüssigkeit bedingt wird; nachdem der Sauerstoff für dieses Ferment nothwendiger zu sein scheint, als für die anderen Saccharomycesarten, so ist es begreiflich, daß die Vermehrung der Zellen, die ebenfalls durch Sprossung stattfindet, nach jener Richtung geht, in welcher noch freier Sauerstoff anzutreffen ist — somit nach oben. Es häufen sich daher an gewissen Stellen der Kahnhaut Zellen über Zellen, und entstehen hierdurch endlich jene Wülste, die man selbst mit freiem Auge deutlich erkennen kann.

Betrachtet man die Fermentmasse, die sich nach längerer Zeit an der Oberfläche der Flüssigkeit angesammelt hat, genauer, so ergibt sich, daß dieselbe an der Oberfläche, die mit der Luft in unmittelbarer Berührung steht, am dichtesten ist, nach unten aber stetig an Dichte abnimmt; es ist nicht daran zu zweifeln, daß diese Abnahme der Menge der Zellen nach unten zu mit dem Umstande in Verbindung zu bringen ist, daß die Zellen von Sauerstoff gänzlich abgeschlossen sind und sich in Folge dessen unter ungünstigen Ernährungsbedingungen befinden. Es ist übrigens auch möglich, die ungünstigen Ernährungsbedingungen mit Hülfe des Mikroskopes zu constatiren; nimmt man eine Probe des Ferments unmittelbar von der Oberfläche der Flüssigkeit weg, so sieht man zu Beginn der Entwickelung der Kahnhaut ausschließlich solche Zellen, welche die ovale Form der Zellen von Saccharomyces Mycoderma sehr deutlich zeigen und überhaupt alle jene Eigenschaften besitzen, welche sich an den kräftig ernährten Zellen dieses Fermentes nachweisen lassen; ganz besonders ist dies an der Beschaffenheit der Hüllmembrane der Zellen merkbar, welche bei jungen, kräftig ernährten Zellen immer sehr dünn und durchsichtig ist, so daß man leicht im Stande ist, den Inhalt der Zellen wahrzunehmen.

Fermentproben, welche hingegen aus der untersten Schichte der Kahnhaut entnommen werden, zeigen eine ganz andere Beschaffenheit, indem an dieser Stelle die Ernährungsbedingungen des Fermentes — wegen des Mangels an freiem Sauerstoff ungleich ungünstiger sind, als an der Oberfläche. Diese Zellen zeigen deutlich den Uebergang in die cylindrische Form von Saccharomyces Mycoderma (vergl. Seite 84) und kann man auch beobachten, daß der Inhalt der Zellen viel größere Vacuolen besitzt, als dies bei den normal ernährten Zellen der Fall ist. Ganz besonders fällt die bedeutende Verdickung der Hüllmembrane der Zellen auf; dieselbe kann unter Umständen so dick werden, daß es nur sehr schwer möglich ist, mittelst des Mikroskopes Einblick in die Zellen zu gewinnen. Jene Zellen endlich, welche zu Boden gesunken sind, besitzen eine bräunliche Färbung, welche durch Huminkörper bedingt zu sein scheint und tritt bei denselben die cylindrische Form am deutlichsten hervor. Es sei hier bemerkt, daß Zellen des Kahnfermentes, welche diese Beschaffenheit zeigen und in gänzlich unbewegten Flüssigkeiten zu Boden gesunken sind, in den meisten Fällen abgestorben sind und auch auf die Oberfläche neuer Nährflüssigkeiten übertragen, keine Fermentwirkung mehr zu äußern vermögen.

Wenn wir annehmen wollten, das Kahnferment zerlege den Weingeist in der Weise, daß es aus demselben Kohlensäure und Wasser bilde, so wäre dies eine Auffassung der Sachlage, welche an Richtigkeit jener gleichkommen würde, nach welcher durch die eigentlichen Alkoholfermente der Zucker in Alkohol und Kohlensäure zerlegt wird; es ist zwar vollkommen richtig, daß die genannten Producte in größter Menge entstehen — aber sie sind ebenso wenig die alleinigen, als Alkohol und Kohlensäure die alleinigen Zerlegungsproducte des Zuckers bei der Alkoholgährung sind. Wir müssen vielmehr nach meinen Versuchen — an welche sich jene von Schultz sehr gut anschließen, annehmen, daß der Chemismus dieses Fermentes ein ebenso complicirter sei, wie wir dies für die eigentlichen Alkoholfermente gezeigt haben.

Ich kann nach meinen Versuchen nicht im Zweifel sein, daß der Wirkung des Weinkahnes auf der Oberfläche des Weines ein gewisser Antheil an der Entstehung des Bouquets zuzuschreiben sei und haben mir meine Versuche über die Züchtung desselben an der Oberfläche von Wein immer das Ergebniß geliefert, daß der Wein — falls die Wucherung des Kahnfermentes eine beschränkte blieb, in den meisten Fällen eine Erhöhung des Bouquets zeigte. Es steht nämlich fest, daß das Kahnferment bei ungünstiger Ernährung stets eine gewisse Menge von Alkohol nicht völlig in die einfachsten Producte: Wasser und Kohlensäure verwandelt, sondern daß eine wahrscheinlich ziemlich große Reihe von Producten entsteht, welche zwar im Vergleiche mit dem Alkohol als oxydirte Verbindungen anzusehen sind, ohne daß die Verbrennung jedoch bis auf den äußersten Punkt fortgesetzt wird.

Bringt man z. B. eine geringe Menge von kräftigem jungen Kahnferment auf die Oberfläche von verdünntem Alkohol, so entsteht neben Kohlensäure und Wasser stets eine gewisse Menge von Essigsäure und haben sich mir in dieser Beziehung folgende Zahlen ergeben:

Alkohol von 72 pro Mille Stärke zeigte, nachdem das Kahnferment durch 14 Tage auf demselben vegetirt hatte, nunmehr eine Stärke, welche 69,8 per Mille Alkohol entsprach, enthielt aber 1,1 per Mille Essigsäure. . . . Das Ferment selbst war in Folge der gänzlich ungenügenden Ernährung nach Verlauf dieser Zeit völlig abgestorben. In einer Lösung von reinem Weinstein, welche 4,38 per Mille Weinstein enthielt, wurden innerhalb 5 Tagen 0,38 Weinstein zersetzt und zeigte das Destillat dieser Flüssigkeit eine deutlich saure Reaction, welche auf die Gegenwart von Essigsäure in demselben hindeutete. An einer Flüssigkeit, welche bestand aus:

400 cc. Alkohol von 5,64 Gew. Percenten,
10 cc. Weinsteinlösung, enthaltend 0,045 g Weinstein,
10 cc. Weinsteinlösung, enthaltend 0,090 g Weinsäure,

ergab sich nach 14tägiger Wirkung des Kahnfermentes, daß 4,4 Percent Alkohol zerstört, desgleichen 0,36 Weinsäure zerlegt und 1,4 per Mille Essigsäure neu gebildet wurden. Daß neben Essigsäure stets noch geringe Mengen anderer fetter Säuren durch die Thätigkeit der Kahnfermente entstehen, ist nicht zu bezweifeln; destillirt man eine Flüssigkeit, auf welcher dieses Ferment gewuchert hat, so zeigt das Destillat neben dem Geruche nach Alkohol und Essigsäure immer deutlich einen Geruch nach anderen fremden Säuren, unter welchen besonders jener nach Buttersäure sehr erkennbar hervortritt. Aus meinen Untersuchungen, welche zum großen Theile von jenen Schultz's bestätigt wurden, ergiebt sich, daß bei der Wucherung des Kahnfermentes — besonders der cylindrischen Form desselben, stets kleine Mengen von Milchsäure in der Flüssigkeit gebildet werden und läßt sich aus der weiteren Zersetzung der Milchsäure die Entstehung von Buttersäure erklären. Wie ungemein tiefgehend die Wirkung dieses Fermentes sein kann, wenn es bei beschränktem Sauerstoffzutritt auf Wein wuchert, geht aus der Analyse eines Weines hervor, der vom Jahre 1812 bis zum Jahre 1871 in der Flasche gelagert hatte und in welchem ich keine anderen Fermente auffinden konnte, als die charakteristischen Formen des cylindrischen Kahnfermentes. Der Wein enthielt in 1000 Theilen:

Alkohol	43,900
Weinstein	0,977
Freie Weinsäure	2,969
Essigsäure und Buttersäure (frei)	0,670
„ „ „ (gebunden)	0,300
Milchsäure	2,482
Kohlensäure	0,100
Extractive	41,780

Aus den Untersuchungen von Schultz ergiebt sich, daß die Beschaffenheit der Nährflüssigkeit bedeutenden Einfluß auf die Producte nimmt, welche bei der fermentirenden Wirkung des Kahnfermentes gebildet werden; je nachdem die Nährflüssigkeit organische Säuren oder Glycerin enthielt — im Weine kommen bekanntlich beide dieser Verbindungen vor — wurde Propionsäure, Buttersäure und Valariansäure gebildet. Nach meinen Versuchen kommt auch der Temperatur,

bei welcher das Ferment in Action treten kann, ein großer Einfluß auf die Natur der Gährungsproducte selbst zu, und scheint namentlich höhere Temperatur die Entstehung von Buttersäure und Essigsäure sehr zu begünstigen.

Höchst interessant ist die von Schultz aufgefundene Thatsache, daß das Kahnferment gleich den anderen Saccharomycesarten Glycerin zu bilden vermöge — ein Verhalten, das um so interessanter erscheint, als wir das Glycerin als ein Gährungsprodukt des Zuckers kennen gelernt haben. Es kann bei der Kahngährung das Glycerin offenbar nur aus dem Alkohol entstehen, und entsteht die Frage, ob das bei der alkoholischen Gährung auftretende Glycerin nicht als ein Gährungsprodukt des Alkohols, der eben durch die Thätigkeit des Alkoholfermentes gebildet wurde, anzusehen sei? . . . Die Mengen von Glycerin, welche nach Schultz bei der Kahngährung gebildet werden, sind ungemein große und dürften wahrscheinlich 7 Percente des erzeugten Alkohols betragen.

Aus der eben gegebenen Darlegung über die Ernährungsverhältnisse des Kahnfermentes ergibt sich mit Bestimmtheit, daß die Ernährungsbedingungen dieses Fermentes im Großen und Ganzen mit jenen der echten Alkoholfermente — besonders was den Bedarf an Elementen anlangt, zusammenfallen, daß aber in Bezug auf die chemisch-physiologische Thätigkeit derselben tief gehende Unterschiede vorhanden sind, welche sich durch die Verschiedenheit der Produkte äußern, die in Folge der Thätigkeit der verschiedenen Fermente in den gährenden Flüssigkeiten gebildet werden.

Daß diese Producte für die Eigenschaften der gegohrenen Flüssigkeiten, welche durch längere Zeit lagern, von höchster Bedeutung sind, bedarf keiner besonderen Erörterung, und ergiebt sich gerade in Bezug auf die genaue Erforschung der Thätigkeit der verschiedenen Alkoholfermente für die Gährungschemiker ein ausgedehntes Forschungsgebiet, welches, wenn einmal eingehend durchgearbeitet, auch für die Praxis der Gährungsgewerbe die werthvollsten Thatsachen zu Tage fördern wird, und um so mehr bearbeitet zu werden verdient, als wir über die verschiedenen Produkte, welche durch die mannigfaltigen Alkoholfermente gebildet werden, nur äußerst dürftige Kenntnisse besitzen.

Rückblick.

Die in den vorstehenden Abschnitten dargestellten Ernährungsbedingungen der Alkoholfermente zeigen uns, daß diese Organismen in Bezug auf ihre Lebensweise in vielen Dingen von den übrigen Pflanzen abweichen — sich aber in Bezug auf ihr Nahrungsbedürfniß diesen ähnlich verhalten. Der wichtigste Unterschied — jener, welcher ihnen den eigentlichen Charakter von Gährungserregern verleiht, liegt in der Fähigkeit, des freien Sauerstoffes für eine längere Zeit entbehren zu können und von dem Momente an, in welchem der Abschluß des Sauerstoffes eintritt, ihren Sauerstoffbedarf aus chemischen Verbindungen decken zu können. In Bezug auf die Nahrungsstoffe, deren die Hefeorganismen bedürfen, hat sich gezeigt, daß sie jene Nährstoffe mit Ausnahme des Eisens umfassen, welche

auch von höheren Organismen verlangt werden. In Bezug auf die Form aber, in welchen diese Nährstoffe geboten werden, herrscht bei den Alkoholfermenten ein viel größerer Spielraum, als bei den anderen höheren Organismen, und fällt dieser Unterschied ganz besonders deutlich in Bezug auf die Stickstoffverbindungen ins Auge. Als normale Stickstoffnahrung der Alkoholfermente müssen wir unbedingt die hochzusammengesetzten Stickstoffverbindungen anerkennen, welche wir als Proteïnkörper bezeichnen, und herrscht in dieser Beziehung eine Uebereinstimmung mit der Ernährung des thierischen Organismus. Die Alkoholfermente zeigen aber auch die höchst merkwürdige Eigenschaft, sich zur Noth mit einer Stickstoffnahrung zu begnügen, welche ihnen in der einfachsten Form — in Gestalt von Ammoniak, geboten wird. Wie sich aber aus den Versuchen Mayer's und Anderer ergiebt, sind manche hoch zusammengesetzte Stickstoffverbindungen, wie das Caffeïn zur Ernährung der Fermentorganismen nicht geeignet. Aus den Erscheinungen, welche bei der Selbstgährung der Hefe auftreten, läßt sich vermuthen, daß es besonders jene Körper sind, welche bei der Zersetzung der Proteïnstoffe entstehen, denen überhaupt die Fähigkeit zukommt, den Alkoholfermenten als Nahrung zu dienen und zwar in so unvollkommenerer Weise, je einfacher die betreffenden Verbindungen zusammengesetzt sind . . . eine Vermuthung, deren Bestätigung aber bis nun noch nicht völlig durch den Versuch gegeben ist.

Ihrer Funktion nach können wir die Alkoholfermente als Wesen betrachten, denen eine doppelte Lebensweise zukommt, je nachdem ihnen die Möglichkeit geboten ist, freien Sauerstoff aufzunehmen, oder derselbe von ihnen abgeschlossen ist. Im ersten Falle — bei normaler Lebensweise wirken diese Organismen zerstörend auf die ihnen zur Verfügung stehenden Nahrungsstoffe und verwandeln sie in die einfachst zusammengesetzten Verbindungen — sie wirken als verwesende Fermente; im zweiten Falle äußern sie ihre Lebensthätigkeit zwar auch in der Art, daß sie höher zusammengesetzte Verbindungen in einfachere verwandeln, ohne daß sie dieselben jedoch ausschließlich in die einfachsten umsetzen — sie wirken als vergährende Fermente. Wir können daher mit Pasteur die Gährung als das Leben ohne freien Sauerstoff bezeichnen.

IX. Die Ernährungsbedingungen der anderen Fermente.

Während die Alkoholfermente sowohl in Bezug auf ihre botanische Natur als auch mit Rücksicht auf ihre chemisch-physiologischen Verhältnisse große Uebereinstimmung unter einander zeigen, können wir eine solche Uebereinstimmung bei den anderen Fermenten nicht constatiren; wir sind vielmehr noch völlig darüber in Unwissenheit, in welcher Weise dieselben überhaupt zu classificiren sind, und machen wir die Wahrnehmung, daß ein und dasselbe Ferment je nach der Beschaffenheit seiner Nährflüssigkeit die verschiedenartigsten Gährungserscheinungen hervorzurufen vermag.

Bringt man, wie ich gezeigt habe, in einen Alkohol, der soweit mit Wasser verdünnt ist, daß der Alkoholgehalt 6 Percente beträgt, das Essigferment, so stirbt dasselbe in kürzester Zeit ab, und findet nur eine minimale Bildung von Essigsäure statt. Obwohl nun jene niederen Organismen, welchen das Essigferment angehört, eine entschieden größere Lebenszähigkeit besitzen als die Alkoholfermente selbst, so läßt sich dieses rasche Absterben des Essigfermentes in einer Flüssigkeit, in welcher die stickstoffhaltigen Nährmittel und die Salze gänzlich fehlen, wohl durch die außerordentliche Schnelligkeit der Vermehrung, welche diesen Organismen eigen ist, erklären; diese rasche Vermehrung bedingt selbstverständlich auch einen raschen Stoffwechsel, und tritt in Folge dessen die Erschöpfung der Organismen in kürzerer Zeit ein, als bei den sich langsamer vermehrenden Alkoholfermenten.

Unsere Kenntnisse über die chemischen Verbindungen, welche sich in den Organismen vorfinden, welche die Essiggährung, Milchsäuregährung u. s. w. veranlassen, sind noch ungemein geringe und verdanken wir den verdienstvollen Arbeiten Nägeli's einige wichtige Daten über diese Organismen. Die Zellmembrane der Essighefe und der Spaltpilze schwankt in Bezug auf ihre Consistenz zwischen der Cellulose und dem Pilzschleime und ist auch leichter in Kupfer-

oxydammoniak löslich. Der Schleim, welcher bei den sogenannten schleimigen Gährungen auftritt, ist nach Nägeli wohl von dem Pilzschleime zu unterscheiden und besteht nur aus den Membranen der in der Flüssigkeit vorhandenen (abgestorbenen und in Zersetzung begriffenen?) Organismen. — Die Cellulose der Essighefe ist nach Nägeli viel widerstandsfähiger gegen chemische Einwirkungen, als jene der Alkoholfermente und kann darum durch Behandeln der Zellen zuerst mit Kalilauge und dann mit Salzsäure ohne bedeutende Verluste dargestellt werden. (Die Cellulose der Sproßpilze wird bei gleicher Behandlung sehr stark angegriffen.) Die reine Cellulose des Essigfermentes bildet weiße oder schwach röthliche Massen, welche durch Salpetersäure nur langsam verändert werden und durch concentrirte Schwefelsäure allmälig in Zucker (neben dunkelgefärbten Produkten) übergeführt werden.

Was den Bedarf an stickstofffreier Nahrung bei den niederen Fermenten, zu denen neben den Spaltpilzen noch besonders das Essigferment und das Milchsäureferment, sowie jenes der Buttersäuregährung gehört, welche letztere von der Mehrzahl der Forscher zu den Bacterien gerechnet werden, anlangt, so scheint in Bezug auf die Spaltpilze ein sehr bedeutender Spielraum zu walten und vermögen dieselben sich möglicherweise überhaupt von allen Kohlehydraten und organischen Säuren zu ernähren, und ist hierfür nicht einmal erforderlich, daß diese Stoffe in Lösung vorhanden seien, indem diesen niederen Organismen, soweit sie zu den Spaltpilzen gehören, die Fähigkeit zuzukommen scheint, kohlenstoffhaltige Substanz, selbst noch in jener Form, in welcher wir sie in den Humuskörpern vorfinden, vollständig zu verzehren.

Wenn wir jene Fermente ausnehmen, welche sich in krankhaft veränderten Weinen, namentlich in bittergewordenen und umgeschlagenen, vorfinden (dieselben sind Schimmelpilze, welche eine Zeit lang als Fermente wirkten), können wir alle Fermente, welche nicht zu den vorbeschriebenen Alkoholfermenten oder den Bacterien gehören, mit ziemlicher Gewißheit zur Gruppe der Spaltpilze rechnen; bei allen denselben zeigt sich der gleiche Körperbau, der in seiner einfachsten Form als winzige Kugel erscheint, die bei der Vermehrung bisweilen Ketten bilden. — Soweit die vorhandenen Untersuchungen reichen, müssen die Spaltpilze als jene Organismen bezeichnet werden, welche unter allen lebenden Wesen die größte Anpassungsfähigkeit an die verschiedensten Ernährungsverhältnisse besitzen. Die Spaltpilze vermögen sich in saueren, neutralen und schwach alkalischen Flüssigkeiten gleichmäßig zu entwickeln, nur werden die Produkte, welche hierbei entstehen, je nach der Beschaffenheit der Flüssigkeit verschiedenartige sein; es ist bis nun nur möglich, hier nur ganz allgemeine Gesichtspunkte aufzustellen und werden wir dasjenige, was uns über die Spaltpilze bekannt ist, einem besonderen Abschnitte zusammenstellen — indem wir uns vorerst mit jenen Fermenten zu beschäftigen haben, welchen eine technische Wichtigkeit zukommt.

Es sind hierher namentlich jene Organismen zu rechnen, welche Essigsäure-Milch und Buttersäure in namhafter Weise produciren können und deshalb nach diesen Produkten benannt sind.

Die Ernährungsbedingungen des Essigfermentes.

Die Bacterien der Essiggährung bedürfen unbedingt des freien Sauerstoffes zu ihrer Ernährung und zeichnen sich in Bezug auf ihre Thätigkeit, Sauerstoff zu absorbiren, noch vor den Alkoholgährungspilzen aus — merkwürdigerweise werden sie von Sauerstoff in activer Form (Ozon) gleich anderen Bacterien getödtet.

Eine sauere Beschaffenheit der Nährflüssigkeit scheint den Essigbacterien besonders zuträglich zu sein — es gelingt sehr schwer, dieses Ferment auf alkoholhaltigen Flüssigkeiten, die ganz neutral sind, zur Vermehrung zu bringen, während es auf saure leicht verpflanzt werden kann.

Auf neutralen Flüssigkeiten scheint sich das Essigferment nicht entwickeln zu können; neutralisirt man Wein, eine der zur Ernährung der Essigbacterien vorzüglich geeignete Flüssigkeit, so bildet sich auf der Oberfläche desselben gewöhnlich eine reiche Schimmelvegetation und werden selbst die schon in voller Entwickelung begriffen gewesenen Essigbacterien durch dieselbe verdrängt — wahrscheinlich dadurch, daß sie das Ferment an der Aufnahme des freien Sauerstoffes hindert. Bei der Fabrikation des Essigs nach dem Verfahren der Schnellessig-Methode ist es allgemein üblich, dem verdünnten Alkohol eine gewisse Menge fertigen Essig zuzusetzen und hat dieser Zusatz einerseits den Zweck, die Flüssigkeit anzusäuren und nebenbei wohl auch den, sie mit einer, wenn auch geringen Menge von Salzen und stickstoffhaltigen Körpern zu versorgen, welche der Essig beim Durchgange durch die Essigbilder aus dem Holze aufnimmt.

Ueber die Art und Weise, wie die Essigbacterien oxydirend auf den Alkohol einwirken, sind wir noch völlig im Unklaren, doch scheint es, als wenn bei diesen Fermenten nicht der Vorgang stattfindet, welchen wir als den für die Thätigkeit der Alkoholfermente wahrscheinlichen halten, nämlich den, daß ein Körper (Zucker) verzehrt und dafür Alkohol, Kohlensäure u. s. w. ausgeschieden wird. Für die Essigbacterien müßte der Prozeß so liegen, daß dieselben Alkohol aufnehmen und dafür Essigsäure ausscheiden. Der Grund, welcher uns zu dieser Annahme nicht zu berechtigen scheint, liegt darin, daß die Essigsäure selbst ein ganz gutes Nahrungsmittel für jene Organismen abgiebt, aus welchen sie abgeschieden sein sollte und sich dieselbe in Essigsäure haltigem Alkohol leichter entwickelt, als in Alkohol allein. Es scheint vielmehr den Essigbacterien die Fähigkeit inne zu wohnen, den aus der Luft aufgenommenen Sauerstoff in einer Form wieder abzugeben, in welcher er geeignet ist, den Alkohol direkt zu oxydiren. Wie aber diese Aufnahme von Sauerstoff und eben so rasche Abgabe vor sich geht, darüber fehlen bis zur Stunde alle Kenntnisse. Wir wissen auch, daß viele Fermente außer den Essigbacterien die Fähigkeit haben, Essigsäure zu bilden; so finden wir in jedem Wein constant eine gewisse, wenn auch sehr geringe Menge von Essigsäure, welche in diesem Falle wohl als ein Produkt der Alkoholfermente angesehen werden muß.

Nach meinen über diesen Gegenstand in ausführlicher Weise angestellten Versuchen erscheint es mir nicht zweifelhaft, daß die Fähigkeit, Essigsäure zu bilden, sehr vielen Fermenten zukommt; in Weinen, welche durch die verschiedenartigsten Fermente verändert — erkrankt sind, läßt sich regelmäßig ein viel höherer Gehalt an Essigsäure nachweisen, als er in ganz gesunden Weinen vorkommt. Da aber keines dieser Fermente die Fähigkeit besitzt, größere Mengen von Alkohol in Essigsäure zu verwandeln, so müssen wir die Essigbacterien als das eigentliche Essigferment bezeichnen.

Eine merkwürdige Eigenschaft der Essigbacterien liegt darin, daß der Alkohol gegen sie selbst als giftiger Körper wirkt, sobald er in etwas größerer Menge vorhanden ist; Wein, welcher beiläufig 12 Percente Alkohol enthält, geht schon schwierig in Essiggährung über; in einem Weine, dessen Alkoholgehalt durch direkten Zusatz von Weingeist auf 18 Percente gebracht wurde, gelang es mir nicht, die Ansiedlung von Essigbacterien herbeizuführen; selbst wenn dieses Ferment im Zustande voller Entwickelung auf die eben erwähnte Flüssigkeit ausgesäet wurde, ging es rasch zu Grunde.

Daß die Essigbacterien auch nur durch eine gewisse Zeit im Stande sind, aus Alkohol Essigsäure zu bilden, zeigt sich aus dem Verhalten des Fermentes, wenn man es auf eine Flüssigkeit, welche zu seiner Ernährung gut geeignet ist, z. B. Wein, der sich aber in einem hohen Gefäße befindet, aussät; es bildet sich zuerst auf der Oberfläche der Flüssigkeit ein zarter, kaum sichtbarer Schleier, welcher aus den jungen Zellen des Fermentes besteht. Nach einiger Zeit, während welcher die fortwährende Thätigkeit der Organismen durch die beständige Zunahme des Gehaltes der Flüssigkeit an Essigsäure nachgewiesen werden kann, läßt sich am Boden des Gefäßes ein Niederschlag von bräunlicher Farbe erkennen, der, wie die Untersuchung mit Hülfe des Mikroskopes zeigt, aus abgestorbenen Essigbacterien besteht. Während aber das lebende Ferment ganz farblose dünnwandige Zellen darstellt, besitzen die abgestorbenen Zellen eine deutlich erkennbare bräunliche Färbung, die an jene der dunkel gefärbten Huminkörper erinnert und vielleicht auch durch solche bedingt wird; bei der Behandlung solcher abgestorbener Essigbacterien mit verdünnter Kalilauge ergab sich mir eine bräunlich gefärbte Flüssigkeit.

Daß die Essigbacterien ihre Thätigkeit einstellen, wenn der Alkoholgehalt der Nährflüssigkeit über eine gewisse Grenze erhöht wird, läßt sich aus der schädlichen Wirkung, welche der Alkohol überhaupt gegen die Organismen, selbst jene nicht ausgenommen, durch deren Thätigkeit er gebildet wird, erklären; es zst aber hier noch eine andere Erscheinung zu registriren, welche weit schwieriger zu erklären sein dürfte. Bringt man nämlich in eine Flüssigkeit, die durch Essigbacterien in Säuerung begriffen ist, eine größere Menge von Essigsäure, so hört die Thätigkeit der Fermente alsbald auf und besitzen wir in der Bestimmung des Säuregehaltes der Flüssigkeit ein sehr scharfes Mittel, dieselbe zu controliren. Am einfachsten erscheint es noch in diesem Falle, die Annahme zu machen, daß die Essigbacterien überhaupt gegen eine Aenderung in der Concentration ihrer

Nährflüssigkeit sehr empfindlich sind und durch eine plötzlich eintretende, wenn auch geringe Entziehung von Wasser, in ihrer Entwickelung gestört werden.

Unsere Kenntnisse über die Natur der Essigbacterien sind noch nicht so weit gediehen, daß wir wüßten, ob dieses Ferment neben der bekannten Entwickelung durch Sprossung nach einer Richtung auch noch eine andere Entwickelungsform besitzt; wir sehen das Ferment entweder freiwillig auf der Oberfläche solcher Flüssigkeiten erscheinen, auf welchen es sich zu entwickeln vermag, oder können es durch directe Aussaat von Essigferment, welches von der Oberfläche gährender Flüssigkeiten entnommen wurde, zur Fortpflanzung und Vermehrung bringen. Was nun die freiwillige Entwickelung der Essigbacterien anlangt, so scheint dieselbe an eine ganz bestimmte Temperatur gebunden zu sein, welche mindestens 12 Grade betragen muß. Ich habe wiederholt Wein, welcher sogar mit Wasser soweit verdünnt war, daß der Alkoholgehalt nur 6 bis 8 Percente betrug, Temperaturen ausgesetzt, welche etwas tiefer als 12 Grade war, und habe in keinem Falle die Entwickelung von Essigbacterien beobachten können. Die mikroskopische Untersuchung der Flüssigkeit, welche sich gewöhnlich unter diesen Verhältnissen nach einer gewissen Zeit mit einer Schicht von Kahnferment bedeckt, bietet keine sicheren Anhaltspunkte zur Auffindung der winzigen Essigbacterien, wohl aber die Untersuchung des Säuregehaltes der Flüssigkeit. Es wird zwar auch durch Wucherung des Kahnfermentes auf der Oberfläche des Weines etwas Essigsäure gebildet, aber die Menge derselben beträgt nicht mehr als einige Zehntel Percente. Wie schon erwähnt, bin ich der Ansicht, daß die Mehrzahl der Gährungsfermente im Stande sind, sehr kleine Mengen von Essigsäure zu bilden.

Setzt man hingegen Wein einer Temperatur aus, welche höher als 12 Grade liegt, so gelingt es leicht, auf der Oberfläche desselben die Essigbacterien zur Entwickelung zu bringen und zwar um so leichter, je höher die Temperatur liegt; bei einer etwa 25 Grade betragenden Temperatur entwickelt sich das Essigferment so rasch auf der Oberfläche von Wein, daß gar kein anderes Ferment neben demselben aufkommen kann und die Säuerung des Weines ungemein rasch vor sich geht.

Obwohl es feststeht, daß die Essigbacterien einer gewissen Temperatur bedürfen, um auf einer Nährflüssigkeit zur Entwickelung zu gelangen, so vermögen sie, wenn sie einmal auf einer Flüssigkeit angesiedelt sind, ihre Functionen fortzusetzen, wenn nunmehr auch die Temperatur der Flüssigkeit bedeutend erniedrigt wird. Wenn man Wein, welcher mit dem Essigfermente versehen ist und in welchem sich schon eine Steigerung der Essigsäuremenge nachweisen läßt, einer Temperatur aussetzt, welche nahe an Null-Graden liegt, so dauert die Entwickelung des Fermentes und mit dieser die Bildung von Essigsäure fort; man erkennt aber an der ungemein geringen Zunahme der Essigsäure in der Flüssigkeit, daß sich das Ferment nunmehr unter Verhältnissen befindet, welche seinem Leben nicht besonders günstig sind, indem das Fortschreiten der Bildung von Essigsäure bei einer so niederen Temperatur ein äußerst langsames ist.

Wir wissen zwar auch von den Alkoholfermenten, daß sie in Bezug auf ihre Entwickelung und vergährende Wirkung in hohem Grade von der Tempe-

ratur abhängig sind; diese Abhängigkeit ist aber keineswegs eine so bedeutende, wie bei dem Essigfermente. Zwischen der Entwickelung des Essigfermentes und seiner chemischen Thätigkeit (Essigsäurebildung) scheint eine feststehende Relation vorhanden zu sein; am mächtigsten findet die Bildung von Essigsäure bei einer Temperatur statt, welche jener nahe liegt, bei welcher die Alkoholfermente ihre Thätigkeit einstellen und kann es geschehen, daß sich auf einer Flüssigkeit, die in reiner Alkoholgährung war und in welcher durch eine Temperaturerhöhung über 35 Grade die Gährung unterbrochen wurde, in kürzester Zeit Essigferment entwickelt und zwar geschieht dies so häufig, daß man in älteren Lehrbüchern den Satz lesen kann, daß die Alkoholgährung bei einer über 35 Graden liegenden Temperatur geradezu in Essiggährung übergehe.

Die Verbreitung der Essigbacterien in der Natur scheint eine sehr häufige zu sein; wann immer man eine Flüssigkeit, welche zur Ernährung dieser Organismen dienlich sein kann, bei genügender Wärme der Luft aussetzt, kann man meistens schon nach wenigen Stunden auf ihrer Oberfläche die Gegenwart winziger kugeliger Organismen nachweisen, die sich ebenfalls binnen einigen Stunden zu Essigbacterien entwickeln, welche die ganze Oberfläche der Flüssigkeit mit einem dünnen, anfangs nur schwierig wahrnehmbaren Schleier überdecken.

Wir haben schon oben der merkwürdigen Thatsache Erwähnung gethan, daß Ozon den Essigbacterien entschieden schädlich ist; eben so schädlich ist ihnen aber auch die Absperrung des freien Sauerstoffes selbst. Füllt man eine Flasche zur Hälfte mit Wein, sät auf diesem Essigbacterien aus und sorgt gleichzeitig durch öfteres Einblasen von frischer Luft für beständige Zufuhr von Sauerstoff, so geht die Entwickelung des Fermentes und mit ihr die Bildung von Essigsäure in normaler Weise vor sich. Verschließt man aber die Flasche, nachdem man eine Säurebestimmung gemacht hat, in solcher Weise, daß kein Sauerstoff zutreten kann, so findet man, daß nach mehreren Tagen nur mehr eine ganz geringe Säurezunahme constatirt werden kann und der Schleier, welchen das Ferment auf der Oberfläche gebildet hatte, verschwunden ist. Läßt man später zu dieser Flüssigkeit ununterbrochen Luft treten, die aber vorher von allen in ihr schwebenden Organismen befreit wurde, so bleibt der Säuregehalt der Flüssigkeit stabil, ein Beweis dafür, daß die völlige Abschließung des freien Sauerstoffes die Essigbacterien getödtet habe. In einigen Fällen habe ich jedoch bei Ausführung dieses Versuches die Wahrnehmung gemacht, daß sich neuerdings Essigferment auf der Oberfläche der Flüssigkeit bildete und die Säuerung der Flüssigkeit, wenn auch anfangs sehr langsam wieder ihren Fortgang nahm. In allen Fällen, in welchen bei neuerlicher Zufuhr von Luft wieder Entwickelung von Essigferment eintrat, waren die Gefäße nur durch kürzere Zeit geschlossen gewesen, so daß anzunehmen sein dürfte, daß die Essigbacterien eine gewisse Zeit hindurch ohne freien Sauerstoff ihr Leben zu erhalten vermögen, bei länger andauerndem Abschluß von Sauerstoff aber zu Grunde gehen.

Wenn sich diese Ansicht bestätigt, so sehen wir, daß die Essigbacterien sich in ihrer Lebensweise sehr bedeutend von den Alkoholfermenten unterscheiden; während diese durch viele Generationen hindurch ohne freien Sauerstoff zu leben

vermögen — ja eigentlich erst ohne diesen als eigentliche Fermente wirken, hört die vergährende Wirkung der Essigbacterien sofort auf, wenn der Sauerstoff ausgeschlossen wird und beginnt erst dann wieder, wenn neuerdings Sauerstoff zugeführt wird; die Zeit aber, während welcher die Essigbacterien überhaupt den Abschluß des freien Sauerstoffes zu ertragen vermögen, ist eine verhältnißmäßig sehr kurze. Bei allen meinen Versuchen, welche ich über diesen Gegenstand anstellte, ergab sich, daß das Ferment nach acht Tage währendem Abschluß von Sauerstoff getödtet war.

Die praktische Erfahrung hat gezeigt, daß solche Weine, deren Moste vor der Gährung gelüftet wurden, wenig Geneigtheit zeigen, durch fremde Fermente zu erkranken; sie erlangen diese Eigenschaft wahrscheinlicher Weise zum Theile dadurch, daß sie in Folge der Kräftigung, welche die Alkoholfermente durch die Zufuhr von freiem Sauerstoff erfahren, sehr rasch und vollständig vergähren; die kräftige Entwickelung des Alkoholfermentes hat aber auch zur Folge, daß jede Spur von freiem Sauerstoff binnen Kurzem aus der Flüssigkeit verschwindet und die in derselben vorhandenen Essigbacterien in Folge dessen zu Grunde gehen.

Körpern gegenüber, welche sich gegen niedere Organismen als Gifte verhalten, zeigt auch das Essigferment eine große Empfindlichkeit; alle Körper, welche wir als Gifte der Alkoholfermente genannt haben, verhalten sich den Essigbacterien gegenüber in ähnlicher Weise. In ganz besonders hohem Grade gilt dies von der schwefeligen Säure, die bekanntlich ein Körper ist, welcher sich mit großer Energie mit Sauerstoff vereinigt und den Essigbacterien daher einen für ihr Leben wichtigsten Körper entzieht. Wie ungemein nachtheilig die Entziehung von freiem Sauerstoff auf die Essigbacterien einwirkt, läßt sich aus der Thatsache entnehmen, daß man in Jungweinen, welche zufällig vom Essigstiche befallen werden, durch Ablassen in sehr schwach geschwefelte Fässer die Essigbacterien tödten kann, ohne daß jedoch gleichzeitig eine Tödtung des Alkoholfermentes stattfindet; letzteres stellt zwar seine Thätigkeit ebenfalls ein, ist jedoch gleichsam nur zeitweilig gelähmt; sobald die schwefelige Säure aus der Flüssigkeit verschwunden ist, beginnt es sich wieder zu vermehren und ist durch dieses Verhalten ein Mittel gegeben, Weine, in denen sich das Essigferment zu entwickeln beginnt, zu retten.

Die Essigbacterien sind — wenn wir den Gebrauch beibehalten, ein Ferment, nach dem Hauptprodukte zu benennen, welches durch dasselbe hervorgebracht wird — das eigentlich charakteristische Essigferment; wir halten es aber für nothwendig, hier hervorzuheben, daß die Eigenschaft, Essigsäure zu bilden, auch anderen Fermenten zukommt. Es wurde schon erwähnt, daß sich in Flüssigkeiten, welche durch ein Alkoholferment vergohren wurden, stets kleine Mengen von Essigsäure nachweisen lassen, welche nicht durch Essigbacterien, sondern durch das betreffende Ferment selbst gebildet wurden. Wie sich aus meinen Versuchen über die Ursachen der Weinkrankheiten ergeben hat, ist die Vermehrung der in einem Weine enthaltenen Menge von Essigsäure ein entschiedenes Kennzeichen für den Beginn einer krankhaften Entwickelung und zeigt sich in bitteren Weinen, welche wahrscheinlich ausschließlich durch die bis zu einem gewissen Grade gehende

Ausbildung einer Schimmelpflanze bitter werden, eben so sicher eine, wenn auch geringe Zunahme der Essigsäure als in solchen, welche dem Umschlagen oder einer anderen Weinkrankheit unterliegen. Wir wissen übrigens, daß auch Essigsäure unter Verhältnissen entstehen kann, welche ihrer Natur nach die Mitwirkung eines Organismus ausschließen, z. B. durch die Einwirkung von Platinmohr bei Gegenwart von Sauerstoff auf den Alkohol. Der Unterschied, welcher aber in diesem Falle zwischen der Wirkung des Platinmohres und der jener der Fermente stattfindet, scheint mir kein so großer zu sein, als es auf den ersten Blick den Anschein hat. Das Platin im fein vertheilten Zustande scheint die Eigenschaft zu haben, in seinen Poren Sauerstoff in solcher Form zu verdichten, daß eine Oxydation des Alkoholes zu Essigsäure stattfindet; das Essigferment scheint eine dieser ähnlichen Rolle zu spielen und eine Sauerstoffverbindung zu liefern, welche rasch ihren Sauerstoff an den Alkohol abgiebt und denselben oxydirt.

Es ist nicht wohl daran zu zweifeln, daß das Essigferment als lebendes Wesen neben Essigsäure noch andere Körper bildet, — in ähnlicher Weise, wie dies bei der Alkoholgährung der Fall ist, wo neben Alkohol und Kohlensäure noch Glycerin, Bernsteinsäure u. s. w. als constante Gährungsprodukte auftreten; über die Natur dieser Körper sind wir aber noch nicht näher unterrichtet und scheint dieselbe auch von der Beschaffenheit der Flüssigkeit abzuhängen, auf welcher das Ferment lebt; Essigferment, welches sich auf verdünntem Alkohol entwickelt, wird ganz andere Nebenprodukte liefern als solches, das sich auf Wein oder Bier zu entwickeln Gelegenheit hat; bekanntlich zeigen die aus den eben genannten Rohmaterialien entstehenden Essiggattungen einen specifischen Geschmack, der nicht allein von den unverändert gebliebenen Stoffen, die sich im Weine und Biere vorfanden, bedingt wird, sondern zum Theile wenigstens auch durch die Nebenprodukte veranlaßt wird, die bei der Essiggährung auftreten.

Wenn wir das Wenige, was wir bis nun über die Lebensbedingnisse des Essigfermentes wissen, zusammenfassen, so gelangen wir zu nachstehenden Sätzen:

1) Die sogenannte Essiggährung wird durch Organismen bedingt, welche wir als Essigbacterien bezeichnen.

2) Die Essigbacterien bedürfen zu ihrer Ernährung neben stickstoffhaltigen Körpern und Salzen noch eines stickstofffreien Mittels.

3) Als geeignetes derartiges Mittel erweist sich stark verdünnter Alkohol. Es können sich die Essigbacterien aber auch von organischen Säuren und wahrscheinlich auch von Zucker ernähren.

4) Das Leben der Essigbacterien ist an das Vorhandensein von freiem Sauerstoff gebunden; dieselben vertragen zwar den völligen Abschluß des freien Sauerstoffes durch einige Zeit, gehen aber bei länger andauerndem Abschlusse dieses Gases zu Grunde.

5) Die Hauptprodukte der Essiggährung sind Alkohol und Wasser; neben diesen werden aber in geringen Mengen noch andere, derzeit nicht näher gekannte Verbindungen gebildet.

6) Die Essigbacterien scheinen sich erst bei einer Temperatur, welche mindestens 12 Grade beträgt, entwickeln zu können — sind sie aber einmal auf einer Flüssigkeit in Entwickelung begriffen, so schreitet dieselbe, wenn auch langsam, fort, wenn man die Temperatur stark erniedrigt.

7) Die für das Leben der Essigbacterien geeignetste Temperatur scheint eine zwischen 18 und 35 Graden liegende zu sein und steigt und fällt die Gährungsintensität in ziemlich gleichlaufenden Verhältnissen mit der Zu- oder Abnahme der Wärme.

8) Die Fähigkeit, Essigsäure zu bilden, scheint fast allen Fermenten eigen zu sein, wenn auch die durch dieselben entstehende Menge von Essigsäure nur eine sehr geringe ist.

9) Außer durch die Thätigkeit von Organismen kann auch Essigsäure durch Vorgänge gebildet werden, welche wir als rein chemische zu betrachten haben.

Die Ernährungs-Bedingungen des Milchsäuregährungs-Fermentes.

Jener Gährungsvorgang, bei welchem als besonders merkbares Produkt Milchsäure gebildet wird, tritt nicht selten als secundäre Gährungserscheinung auf oder begleitet manche andere Gährungsvorgänge; ersteres ist z. B. der Fall beim Verderben des Weines und Bieres; aus technischen Gründen wird bei der Alkohol-Gährung der Branntweinmaischen zugleich Milchsäuregährung geführt. Die ganze Erscheinung der Milchsäuregährung ist bis nun verhältnißmäßig wenig studirt. So weit unsere Kenntnisse in dieser Beziehung reichen, wird die Milchsäure immer unter Mitwirkung von Organismen in Folge von Gährung gebildet und haben wir dieselben schon an früherer Stelle (Seite 102) eingehender beschrieben.

Die Milchsäuregährung scheint nur stattfinden zu können, wenn sich in der Flüssigkeit eine gährungsfähige Zuckerart vorfindet und sollen neben Traubenzucker und Rohrzucker (für beide Zuckerarten habe ich den Beweis beigebracht) Inosit, Dulcit u. s. w. fähig sein, der Milchsäuregährung zu unterliegen; am leichtesten wird jedoch der Milchzucker selbst von dieser Gährung ergriffen und ist es noch nicht festgestellt, ob dem Milchsäurefermente nicht eine invertirende Wirkung auf die verschiedenen Arten des Zuckers zukommt, durch welche dieselben in eine Verbindung übergeführt werden, die dann weiter in Milchsäure verwandelt wird; es wäre dies eine Erscheinung, welche eine gewisse Aehnlichkeit mit der invertirenden Wirkung der Alkoholfermente hätte. Unsere Kenntnisse über den Bedarf des Milchsäurefermentes an Nährstoffen sind sehr beschränkte; wir wissen nur, daß dasselbe am besten gedeiht, wenn die Nährflüssigkeit neben einer der erwähnten Zuckerarten noch eine große Menge von proteïnartigen Körpern enthält.

Obwohl das Milchsäureferment auch zu den Bacterien gerechnet wird, weicht es insofern sehr stark in seiner Lebensweise von den Essigbacterien ab, als es zu

seiner Entwickelung des freien Sauerstoffes nicht bedarf. Ich habe wiederholt Milchsäureferment in Lösungen von Rohrzucker zur Entwickelung gebracht und zeigte es sich immer, daß das Ferment am Grunde der Flüssigkeiten wucherte und daß die Vermehrung und vergährende Wirkung desselben keine Beeinträchtigung erfuhr, wenn auch der Zutritt des freien Sauerstoffes ganz abgehalten war.

In ähnlicher Weise, wie dies bei den Alkoholfermenten der Fall ist, wirkt die Gegenwart einer gewissen Menge des in größter Menge gebildeten Gährungsproduktes (bei den Alkoholfermenten Alkohol — in vorliegendem Falle Milchsäure) der weiteren Thätigkeit des Fermentes entgegen. Nur ist die Menge von Milchsäure, welche schon hinreichend ist, die fernere Thätigkeit dieses Fermentes aufzuheben, eine verhältnißmäßig sehr geringe und steigt, wenn auch sonst die Ernährungsbedingungen für das Ferment sehr günstig gestellt sind, nicht über einige Tausendstel — das Sauerwerden von Milch, der Milchsäurestich des Weines liefern die Belege hierfür.

Eine schwach alkalische Beschaffenheit der Nährflüssigkeit scheint der Entwickelung des Milchsäurefermentes besonders günstig zu sein; wenn man daher einer Flüssigkeit, welche im Beginn der Milchsäuregährung steht, Kreide zusetzt, durch welche die eben gebildete Milchsäure sofort neutralisirt wird, so schreitet die Gährung ungestört weiter und können auf diese Weise bedeutende Mengen von Milchsäure entstehen. Wir erwähnen übrigens, daß eine ziemlich stark sauere Beschaffenheit der Nährflüssigkeit keineswegs die Entwickelung des Milchsäurefermentes ausschließe und habe ich in ziemlich säurereichen Weinen verhältnißmäßig große Mengen von Milchsäure aufgefunden.

Die Temperatur, bei welcher das Milchsäureferment am besten gedeiht, ist eine ziemlich hohe und scheint ein zwischen 30 und 40 Graden liegender Wärmezustand seiner Entwickelung am günstigsten zu sein. Wir finden daher dieses Ferment häufig in gährender Branntweinmaische (in dieser wird der lösenden Wirkung wegen, welche die freie Milchsäure auf die Proteïnstoffe des Getreides ausübt, die Ausbildung dieses Fermentes gewünscht), wir treffen es aber auch als unerwünschtes Ferment in Bierwürzen an, die langsam abgekühlt werden.

Obwohl hohe Wärmegrade die Entwickelung des Milchsäurefermentes ungemein begünstigen, so kann sich dasselbe aber auch in Flüssigkeiten, die ihm gute Nahrung darbieten, z. B. in schlecht vergohrenen Weinen, die noch eine gewisse Menge unveränderten Zucker enthalten, bei verhältnißmäßig niederen Temperaturen entwickeln und habe ich wiederholt Gelegenheit gehabt, die Gegenwart dieses Fermentes und der Milchsäure in Weinen nachzuweisen, welche durch Jahre in Kellern gelegen hatten, deren Temperatur nicht über 12 Grade betrug. In Weinen, welche ziemlich viel Alkohol enthalten, auch wenn, in demselben noch ziemlich viel unvergohrener Zucker vorhanden ist, kommt es selten zur Entwickelung dieses Fermentes und habe ich die Wahrnehmung gemacht, daß in Zuckerlösungen, welche früher mit 10 Percenten Alkohol versetzt wurden, Milchsäureferment sich nicht fortentwickeln könne, so daß ich hierdurch zu dem Schlusse komme, daß

größere Mengen von Alkohol ebenfalls der Entwickelung dieses Fermentes hemmend entgegentreten.

Die Thätigkeit des Milchsäurefermentes bleibt aber nicht bei der Bildung von Milchsäure stehen, sondern wird die Säure, wenn sie nicht sogleich nach ihrem Entstehen gebunden wird, weiter verändert und ergeben sich als weitere Zersetzungsprodukte der Milchsäure Buttersäure, Essigsäure, Valeriansäure und wahrscheinlich noch mehrere bis nun nicht bestimmte fette Säuren als Endprodukte der Gährung.

Das Milchsäureferment wird von den gährungshemmenden Körpern, welche auch auf die anderen Gährungsorganismen als Gifte einwirken — Quecksilberchlorid, Carbolsäure, Schwefelsäure u. s. w. — gleichfalls getödtet. Es unterscheidet sich aber wesentlich von den anderen Fermenten in Bezug auf die Wärmegrade, welche erforderlich sind, um dasselbe zu tödten und ist nach meinen Versuchen eine Temperatur von 110 Graden erforderlich, um die Lebensfähigkeit dieser Organismen zu vernichten — selbst ein Erhitzen auf 100 Grade, welches durch mehrere Minuten andauert, tödtet sie nicht.

In Flüssigkeiten, welche der Milchsäuregährung unterliegen, beobachtet man nicht selten, kurz bevor sich in der Flüssigkeit das Vorhandensein der Milchsäure nachweisen läßt, das Eintreten des Zähewerdens, wobei die Flüssigkeit eine dickflüssige Beschaffenheit annimmt. In solchen Flüssigkeiten, welche blos zähe werden — eine Erscheinung, die man häufig in Fruchtsäften und an Weinen beobachten kann, zeigen sich ungemein kleine Kügelchen neben etwas größeren — (vergleiche Seite 105) und bisweilen auch kranzartig aneinander gereihte Kügelchen, welche in ihrer Gestalt eine gewisse Aehnlichkeit mit den Fäden haben, in welchen das Milchsäureferment in ruhenden Flüssigkeiten erscheint. Es wäre aber ein sehr voreiliger Schluß, wenn man die Behauptung aufstellen wollte, daß das Ferment der Milchsäuregährung mit jenem, durch welches das Zähewerden veranlaßt wird, in ursächlichem Zusammenhange stehe; möglicherweise vermag das Milchsäureferment ebenfalls die Umsetzung des Zuckers in den sogenannten Schleimstoff, welchen man in zähe gewordenen Flüssigkeiten annimmt, zu bewirken oder diesen Körper in Milchsäure umzusetzen.

Der Nachweis für die eine oder andere Möglichkeit kann nach unserer Meinung nur durch chemische Untersuchungen beigebracht werden und ist hier der Beobachtung mittels des Mikroskopes eine bei dem gegenwärtigen Stande unserer Mikroskopie kaum zu überschreitende Grenze gesetzt; die einzelnen Kügelchen des Fermentes, welche das Zähewerden und den Milchsäurestich veranlassen, sind von so geringer Größe, daß sie beinahe an der Grenze der sichtbaren Körper stehen und gleichen sich überdies auch in Bezug auf ihre Gestalt in hohem Grade; (wir bemerken hier, daß die in die Länge gestreckten Formen des Milchsäurefermentes erst bei älterem Fermente zu beobachten sind); im ersten Stadium der Entwickelung erscheint auch das Milchsäureferment in Gestalt winziger Kügelchen. Als Lebensbedingungen der Organismen, welche Milchsäuregährung hervorrufen, lassen sich die folgenden hinstellen:

1) Gegenwart einer Flüssigkeit, welche neben Zucker eine ziemlich große Menge von Proteïnstoffen enthält.

2) Eine Temperatur, welche zwischen 10 und 40 Graden liegt.

3) Eine alkalische oder doch nicht übermäßig sauere Beschaffenheit der Nährflüssigkeit.

4) Das Vorhandensein einer gewissen Menge freier Milchsäure wirkt der Entwickelung des Fermentes entgegen; beseitigt man die freie Säure durch Neutralisation derselben, so dauert die Milchsäuregährung fort.

5) Die in geringer Menge in einer Flüssigkeit vorhandene Milchsäure erleidet durch das Ferment weitere Veränderungen und werden Körper gebildet, welche der Reihe der fetten Säuren angehören.

6) Das Ferment vermag eine bis zu 110 Graden gehende Temperatur zu ertragen, ehe es getödtet wird.

Die Buttersäure-Gährung.

Der Gährungsvorgang, bei welchem größere Mengen von Buttersäure gebildet werden, wird zwar auch durch ein organisirtes Wesen (vergleiche Seite 106) veranlaßt; es ist aber auch in wiederholten Fällen die Bildung von Buttersäure in Flüssigkeiten bemerkt worden, in denen zuerst Milchsäuregährung stattfand. Die bisher vorliegenden Angaben über die Lebensweise des specifischen Buttersäurefermentes sind so unbestimmte, daß es dermalen noch nicht möglich ist, eine genügende Schilderung der Lebensbedingungen dieses Fermentes zu geben. Der Unterschied zwischen dem Buttersäurefermente und jenem der Milchsäuregährung, welcher die beiden Fermente auf das schärfste von einander trennen würde, wenn er endgültige Bestätigung fände, liegt nach den Angaben Pasteur's darin, daß das Ferment der Buttersäuregährung durch freien Sauerstoff in ganz kurzer Zeit — in einer bis zwei Stunden — getödtet wird, während das Milchsäureferment zwar nach meinen Beobachtungen des freien Sauerstoffes nicht bedarf, ohne jedoch durch denselben eine nachtheilige Einwirkung zu erleiden.

Als Hauptprodukt tritt bei der Buttersäuregährung jene Säure auf, von der sie den Namen trägt; neben dieser finden sich aber in Flüssigkeiten, welche diese Art Gährung durchgemacht haben, eine Reihe von anderen Verbindungen vor, die wahrscheinlich ebenfalls in die Reihe der fetten Säuren gehören; nach der Ansicht Pasteur's tritt auch Butyl-Alkohol als Produkt dieser Gährung auf. Eine für die Buttersäuregährung ganz charakteristische Erscheinung liegt darin, daß sich bei derselben stets Wasserstoff in gewisser Menge entwickelt.

Der chemische Proceß, welcher bei der Zerlegung des Zuckers stattfindet, läßt sich in zweifacher Weise auffassen; entweder man nimmt an, daß der Zucker unmittelbar in Buttersäure übergeführt werde oder daß zuerst Milchsäure entstehe, aus der als secundäres Gährungsprodukt Buttersäure gebildet wird. Die chemischen Processe, welche in diesem Falle verlaufen, lassen sich durch folgende Gleichungen darstellen:

A. Directe Vergährung des Zuckers zu Milchsäure:

$$\underbrace{C_6 H_{12} O_6}_{\text{Zucker}} = \underbrace{C_4 H_8 O_2}_{\text{Buttersäure.}} + 2 CO_2 + 4 H$$

B. Indirecte Vergährung des Zuckers zu Buttersäure:

$$\underbrace{2 (C_3 H_6 O_3)}_{\text{Milchsäure}} = \underbrace{C_4 H_8 O_2}_{\text{Buttersäure.}} + 2 CO_2 + 4 H.$$

Wir verdanken Pasteur die erste eingehendere Nachricht über die Wirksamkeit des Buttersäurefermentes und nahm der Genannte auch eine Messung der Wasserstoffmenge vor, welche sich aus der gährenden Flüssigkeit entwickelt; die Messung ergab aber immer eine kleinere Menge dieses Gases, als nach der Rechnung zu erwarten stand und ist es dieser Umstand, welcher schon Pasteur veranlaßte, die Entstehung von Nebenprodukten anzunehmen. Wenn es sich darum handelt, Buttersäuregährung künstlich einzuleiten, so überläßt man nach den Vorschriften, welche sich in den Lehrbüchern der Chemie vorfinden, Zucker in Wasser gelöst mit faulendem Käse und Kreide bei einer Temperatur von 30 bis 35 Graden sich selbst; es tritt in diesem Falle eine Bildung von Milchsäure ein und scheidet sich der schwerlösliche milchsaure Kalk am Boden des Gefäßes ab; nach einiger Zeit findet Entwickelung von Wasserstoff statt und bildet sich löslicher buttersaurer Kalk. Ich habe den eben beschriebenen Versuch zu wiederholten Malen angestellt und habe denselben immer in der eben angegebenen Weise verlaufen sehen, so daß es mir höchst wahrscheinlich dünkt, daß mindestens der Fall, in welchem der Zucker zuerst in Milchsäure und diese nachträglich in Buttersäure verwandelt werde, der häufiger vorkommende sei, ohne daß ich jedoch die Möglichkeit der direkten Buttersäuregährung ausgeschlossen halte.

Abgesehen von jenen Fällen, in welchen man Buttersäure darzustellen wünscht, hat die Buttersäuregährung in der Industrie der Gährungsgewerbe nur insofern Interesse, als sie bisweilen als Nebengährung auftritt oder nur in besonderen Fällen erwünscht erscheint; die Produkte dieser Gährung bilden z. B. das Aroma des Rums, und läßt sich das Vorhandensein des Buttersäureäthers im Rum wohl aus der höheren Temperatur erklären, bei welcher die zur Darstellung des Rumes dienenden Zuckerlösungen vergähren müssen. Mit Ausnahme dieses Falles ist die Buttersäuregährung ein in der Praxis der Gährungsgewerbe höchst unerwünschter Vorgang, der aber auch nur durch Außerachtlassung aller Vorsichtsmaßregeln eintreten kann. Glücklicher Weise giebt sich das Eintreten dieses Gährungsvorganges durch das Erscheinen des durchdringenden Geruches nach ranziger Butter auch wenig geübten Sinnen zu erkennen.

Wenn wir den Versuch machen, die Lebensbedingungen des Buttersäurefermentes zusammenzustellen, so gelangen wir zu nachfolgenden Sätzen, die aber keineswegs vollen Anspruch auf Wahrheit erheben können, wie auch noch manches über das Ferment selbst aufzuklären ist.

1) Es existirt wahrscheinlich ein bestimmtes Ferment der Buttersäuregährung, welches zu den Bacterien gehört und durch freien Sauerstoff getödtet wird.

2) Es besitzt das sogenannte Milchsäureferment ebenfalls die Fähigkeit, aus Zucker, nachdem dieser zu Milchsäure geworden, als weiteres Gährungsproduct Buttersäure zu bilden.

3) Die Entwickelung des Buttersäurefermentes findet in Flüssigkeiten, welche die geeigneten Nährstoffe enthalten (Zucker, Milchsäure, Glycerin und Gummi gehören zu diesen), am leichtesten bei einer Temperatur statt, bei welcher auch das Milchsäureferment am besten gedeiht, bei 35, selbst bei 40 Graden.

4) Das Buttersäureferment bedarf, nach der Analogie mit anderen Wesen zu schließen, ebenfalls der stickstoffhaltigen Nahrung und der Aschensalze — nähere Kenntnisse über diesen Gegenstand fehlen uns bis nun gänzlich.

Ehe wir unsere Besprechung der Buttersäuregährung beenden, müssen wir noch einer Bemerkung Raum geben, welche uns in Bezug auf die gegenwärtig herrschende Ansicht über das Wesen der Gährungsvorgänge von großer Wichtigkeit zu sein scheint. Es wurde nämlich oben angegeben, daß die Gegenwart von freiem Sauerstoff auf das specifische Buttersäureferment in der Weise einwirke, daß hierdurch ein rasches Absterben des Fermentes erfolge. Wenn es sich in Wirklichkeit so verhält, so stehen wir in Bezug auf die Erklärung der Gährungsvorgänge vor einem neuen Räthsel; dem neuesten Stande unseres Wissens über die Gährungsvorgänge entsprechend, müssen wir ganz besonders nach dem neuesten Werke Pasteur's, wie schon mehrfach erwähnt, die Gährung als Leben ohne freien Sauerstoff ansehen und haben wir an vielen Beispielen gezeigt, daß dieses Leben ein erzwungenes ist und die betreffenden Organismen nicht nur bestrebt sind, zur Sauerstoffathmung zurückzukehren, sondern auch bei lange andauerndem Abschlusse dieses Gases innerhalb einer gewissen Zeit zu Grunde gehen. Wenn es nun wirklich wahr ist, daß freier Sauerstoff dem specifischen Buttersäurefermente als Gift entgegentrete, so müssen wir uns zu der Annahme entschließen, daß es Organismen gebe, welche absolut ohne freien Sauerstoff leben können ... ein Satz — der uns nach unseren gegenwärtigen Kenntnissen über die Lebensbedürfnisse der Fermentorganismen allerdings nicht von hoher Glaubwürdigkeit zu sein scheint.

Selbst aber, wenn wir diese Annahme machen, so ergiebt sich eine neue Frage, für die wir absolut keine Lösung finden können: wie verhalten sich die Keime des Buttersäurefermentes, welche in die Luft gelangen? Daß solche vorhanden sein müssen, bedarf wohl kaum einer besonderen Erörterung, denn wenn wir durch Eintragen von faulendem Käse in Zuckerlösung Buttersäuregährung hervorzubringen vermögen, so müssen doch die betreffenden Organismen in dem Käse enthalten sein und ist es nicht einzusehen, wie dieselben der behaupteten schädlichen Einwirkung der Luft widerstehen sollen, wenn wir die Wahrnehmung machen, daß in einer in voller Buttersäuregährung begriffenen Flüssigkeit die Gährung für immer aufhört, wenn man reichlich Luft zuführt ... der Widerspruch liegt klar zu Tage und bedarf es neuer Untersuchungen, denselben zu lösen.

Wir sind der Ansicht, daß sich derselbe vielleicht in der Weise lösen läßt, daß man nicht die Existenz eines besonderen Buttersäurefermentes annimmt, sondern dasselbe für identisch mit dem Milchsäurefermente erklärt; manche Gründe

sprechen für diese Annahme. . . . Es läßt sich nun wohl denken, daß das Ferment der Milchsäuregährung im jugendlichen Zustande die Fähigkeit besitze, Zucker einfach in Milchsäure zu verwandeln — gleichsam eine Inversion derselben hervorzurufen. Ist einmal die Umsetzung des Zuckers in Milchsäure bewirkt, so erfährt dieselbe durch das Ferment eine weitere Zerlegung, wobei Buttersäure als Hauptprodukt entsteht; die Umsetzung des Zuckers in Milchsäure kann bei der Gegenwart des freien Sauerstoffes vor sich gehen — die weitere Veränderung Milchsäure in Buttersäure ist aber ein echter Gährungsvorgang, bei welchem die Gegenwart von freiem Sauerstoff nicht nur nicht erforderlich, sondern sogar nachtheilig ist. . . . Obwohl die Fermente der Milchsäure — respective der Buttersäuregährung in morphologischer Beziehung weit von den Alkoholfermenten abstehen, wollen wir doch daran erinnern, daß sich bei letzteren ein ganz eigenthümliches Verhalten zeigt, welches — wenn auch nur entfernt an die Möglichkeit des eben angedeuteten Vorganges erinnert; die Alkoholfermente leben bei Luftzutritt als Verwesungsfermente, d. h. sie verwandeln die in ihnen gebotenen Nahrungsstoffe in die einfachst zusammengesetzten Verbindungen — bei Abschluß von Sauerstoff wirken sie vergährend. Das Milchsäureferment hat bei Gegenwart von Sauerstoff dem Zucker gegenüber nur eine invertirende oder schwach vergährende Kraft; bei gänzlichem Abschluß des Sauerstoffes wirkt es erst als ein Ferment, welches im Stande ist, den Zusammenhang der Atome, aus welchen die Milchsäure gebildet wird, zu überwinden und diese unter Abscheidung von Wasserstoff in Buttersäure überzuführen. Möglicher Weise wird letzterer Vorgang erst durch die Zellen des Fermentes im absterbenden Zustande bewirkt und vermögen dieselben durch Zufuhr von freiem Sauerstoff nicht mehr die Lebensenergie zu gewinnen, um neuerdings Zucker in Milchsäure und dann in Buttersäure umzusetzen.

Die Salpetersäure-Gährung.

In neuester Zeit ist die Zahl jener Vorgänge, welche wir als Gährungen zu bezeichnen pflegen, abermals um einen Vorgang bereichert worden, der in technischer Beziehung von hohem Interesse ist. Man beobachtet in Melassemaische bisweilen das massenhafte Auftreten von Stickoxydgas — eines Gases, welches bekanntlich bei der Reduction von salpetersauren Salzen entsteht. Es hat viel Wahrscheinlichkeit für sich, daß die in der Flüssigkeit befindlichen Gährungsorganismen, um ihr Bedürfniß nach Sauerstoff zu befriedigen, sich auf die bekanntlich nur locker zusammengesetzte Salpetersäure werfen, derselben den Sauerstoff in ähnlicher Weise entziehen, wie dies durch gewisse Metalle geschieht und die reducirte Salpetersäure in Form von Stickoxyd aus der Flüssigkeit abgeschieden wird. Man beobachtet bei der sogenannten Salpetersäure-Gährung auch das Auftreten von Buttersäure und läßt sich der Vorgang, welcher hierbei stattfindet, als ein Gährungs- und mächtiger Reductionsvorgang zugleich ansehen. Wenn in Wirklichkeit Buttersäure auftritt, so müssen sich in einer Flüssigkeit, welche die Salpetersäure-Gährung durchmacht, stets die Orga-

nismen der Butter- (und Milch-) Säure-Gährung vorfinden — eine Annahme, welche aber erst bestätigt werden muß — denn es ist auch denkbar, daß bei dieser eigenthümlichen Art der Gährung ein ganz specifisches, gegenwärtig noch unbekanntes Ferment mitwirke. . . . Die Fragen über jene Gährungen, welche nicht gerade die Alkoholfermente betreffen, sind bis nun so wenig bearbeitet, daß es schwierig ist, das wirklich bewiesene von dem noch zu beweisenden und blos als Möglichkeit hingestellten zu scheiden.

Andere weniger bestimmte Gährungsvorgänge.

In der vorstehenden Darstellung haben wir jene Gährungserscheinungen bebeschrieben, welche bis nun etwas näher studirt sind; Niemand als derjenige, welcher sich mit dem Studium der Gährungserscheinungen in eingehender Weise beschäftigt, weiß aber besser, wie außerordentlich lückenhaft unser Wissen in Bezug auf diese hochwichtigen Processe bis nun ist und können wir ohne Uebertreibung sagen, daß mit Ausnahme der Alkoholgährung, deren Verhältnisse wir wenigstens in ihren allgemeinen Umrissen kennen, und einigen Daten über die Essigsäure- und Michsäuregährung, unsere Kenntniß über die Thätigkeit der Fermentorganismen kaum über die Feststellung gewisser Gährungen als bestimmte Vorgänge hinaus ist. Das weitaus größere Gebiet jener Erscheinungen, welche unbedingt zu den Gährungsvorgängen gezählt werden müssen, liegt bis zur Stunde als eine wahre Terra incognita vor uns — der Forscher harrend, welche uns den Eintritt in selbe erschließen.

Nach unserer gegenwärtigen Kenntniß über gewisse Gährungsvorgänge können wir jedoch schon sagen, daß dieselben von der tiefgreifendsten Bedeutung nicht nur für alle Zweige unseres Wissens auf dem Gebiete der Naturkunde überhaupt sind, sondern auch mächtig in das Gebiet der Technik, Landwirthschaft und der Heilkunde hinübergreifen. Gährungsvorgänge scheinen es zu sein, welche den Organismus aufbauen, Gährungsvorgänge sind es, welche während des Lebens eines Organismus in ununterbrochener Reihenfolge vor sich gehen, und Gährungen sind es, welche schließlich den Zerfall des Organismus bedingen; es erscheint, von diesem Standpunkte ausgehend, daher nicht zu weit gegangen, wenn man den Ausspruch thut, daß der gesammte Vorgang des Entstehens und Vergehens aller lebenden Wesen durch Gährungserscheinungen — letzteren Begriff in der weitesten Bedeutung des Wortes genommen — hervorgerufen werde.

Wir werden noch an späterer Stelle dieses Werkes Gelegenheit haben, die Mitwirkung der Gährungserscheinungen an dem Werdeprozesse von Organismen eingehender zu besprechen und wollen uns hier vorerst mit jenen Gährungserscheinungen beschäftigen, welche den Zerfall höher zusammengesetzter Verbindungen in einfachere veranlassen. Wir thun dies aus dem Grunde, weil wir bis nun die Frage nach der Thätigkeit der Fermente immer so aufgefaßt haben, daß durch dieselbe stets die Ueberführung von complicirter zusammengesetzteren Verbindungen in einfachere veranlaßt wird. Diese Auffassung ist zwar in der technischen Bedeutung des Wortes Gährung ziemlich richtig, und hat man sich daran gewöhnt,

selbe auch auf den Begriff Gährung im Allgemeinen zu übertragen. Der Anschauung zu Folge, welche wir über die Gährungsvorgänge haben, ist aber diese Ansicht entschieden eine mangelhafte zu nennen, indem sie nur die eine Seite der Gährungsvorgänge ins Auge faßt, die andere aber ganz außer der Betrachtung läßt. Es ist vollkommen begreiflich, daß der Nützlichkeitsstandpunkt, welchen die Menschen stets — oft unbewußt — einnehmen, die Ursache war, daß gerade jene Gährungsvorgänge, durch welche wir aus höher zusammengesetzten Verbindungen einfachere zu gewinnen im Stande sind, deren wir zu verschiedenen Zwecken benöthigen, zuerst eingehender studirt wurden; aus neueren Untersuchungen läßt sich aber auch der Schluß ziehen, daß die Gährungsvorgänge, welche die Ursache der Entstehung von höher zusammengesetzten Verbindungen aus einfacheren sind, uns mindestens ebenso großen Nutzen bringen als diejenigen, durch welche die Entstehung einfacherer Verbindungen veranlaßt wird. Um diese Behauptung durch schlagende Beispiele zu illustriren, wählen wir zwei Vorgänge, deren Nützlichkeit wohl unbezweifelt dasteht: die Entstehung des Malzes und den Prozeß der Entwickelung des Weinstockes.

Bei der Keimung des Getreidekornes, die bekanntlich behufs der Bildung von Malz stets eingeleitet werden muß, werden gewisse Zellen in dem in sich abgeschlossenen Organismus des Samenkornes zu echten Gährungszellen; sie veranlassen theilweise selbst die Umsetzung gewisser Stoffe, theils scheiden sie Verbindungen aus, denen ebenfalls die Fähigkeit zukommt, solche Umsetzungen zu bewirken; der Hauptzweck der Keimung und des ganzen Prozesses der Darstellung des Malzes liegt in der Bildung einer Verbindung (der sogenannten Diastase), welcher die Eigenschaft zukommt, das Stärkemehl in lösliche und gährungsfähige Körper zu verwandeln. In der Diastase haben wir aber einen Körper vor uns, dessen genaue Zusammensetzung dermalen noch nicht sichergestellt ist, der aber gewiß zu den höchst zusammengesetzten Proteïnstoffen gehört, welche überhaupt existiren, und als ein neues Gebilde, welches durch Fermentthätigkeit hervorgebracht wird, betrachtet werden muß. W i r s e h e n i n d e m V o r g a n g d e r B i l d u n g v o n D i a s t a s e e i n e n P r o z e ß v o r u n s , w e l c h e r d i e E n t s t e h u n g n e u e r h ö h e r z u s a m m e n g e s e t z t e r V e r b i n d u n g e n b e z w e c k t. Noch beweisender für die Thätigkeit des Fermentes bezüglich der Bildung complicirterer Verbindungen scheinen uns aber die Untersuchungen zu sein, welche in neuester Zeit über die Entwickelung der Knospe des Weinstockes bis zum Reifen der Traube angestellt wurden — Untersuchungen, welche zwar dermalen noch nicht abgeschlossen sind, die aber schon in ihrem gegenwärtigen unfertigen Zustande jedem die Ueberzeugung verschaffen müssen, daß der gesammte Lebensprozeß als eine ununterbrochene Kette von Gährungserscheinungen anzusehen ist. Die erwähnten Untersuchungen haben uns den Beweis geliefert, daß sich in dem Weinstocke während der Ruhezeit im Winter massenhaft Stärkemehl und stickstoffhaltige Körper aufgesammelt haben; mit dem Wiedererwachen des Pflanzenlebens im Frühlinge beginnt aber auch die Thätigkeit jener Zellen, welche fermentirend wirken, und lassen sich die Gährungsvorgänge, welche ohne Unterlaß in der sich entwickelnden Rebe stattfinden, durch das fortwährende Entstehen neuer Verbindungen nachweisen. Mit der Ausbildung

der reifen Traube erreichen die aufsteigenden Prozesse auch ihr Ende und werden durch solche ersetzt, welche wieder eine Zerlegung der hochzusammengesetzten Verbindungen in einfachere bezwecken — die Traube selbst wird bekanntlich in diesem Zeitpunkte vom Stocke genommen und jenen Vorgängen überantwortet, die wir als die Weingährung bezeichnen. Ueberläßt man die Traube sich selbst, so unterliegt sie der Zerstörung durch Schimmelpilze und anderen noch wenig gekannten Fermenten, durch welche schließlich die völlige Vernichtung der organischen Substanz herbeigeführt wird.

Das Studium der Gährungserscheinungen bietet namentlich in der Richtung, welche wir als die absteigende bezeichnen könnten, gegenwärtig noch reichen Stoff zur Bearbeitung und sind es namentlich jene Vorgänge, die wir als Verwesung und Faulniß bezeichnen, und welche auf Gährungserscheinungen zurückzuführen sind — gleichgültig ob wir unter dem Gährungserreger einen vollständigen Organismus oder gewisse chemische Verbindungen — sogenannte chemische Fermente zu verstehen haben, welche die Aufmerksamkeit der Forscher verdienen, indem die Vermuthung, daß die sogenannten Infectionskrankheiten durch Gährungsvorgänge hervorgerufen werden, immer mehr an Wahrscheinlichkeit gewinnt, und sich die Aerzte immer bestimmter dahin aussprechen, daß eine große Reihe von Krankheiterscheinungen durch eigenthümliche Gährungsvorgänge bedingt werden. Es kann nicht als die Aufgabe eines Werkes, welches sich mit der technischen Seite der Gährungserscheinungen zu beschäftigen hat, sein, sich mit diesen Fragen näher zu befassen — wir führen dieselben nur an, um zu zeigen, welches ungeheures kaum erschlossenes Gebiet für die Forschung in den Gährungsvorgängen vor uns liegt — außer den angedeuteten Vorgängen scheinen auch die wichtigsten Funktionen unseres Lebens wie die Ernährung und die Blutbildung auf Gährungsvorgängen zu beruhen.

Dem Zwecke unseres Werkes entsprechend können wir, wie gesagt, die eben genannten Gährungserscheinungen nur andeutungsweise besprechen; wir halten es aber für wichtig, einige Ergebnisse der neueren Forschung zu erörtern, welche hauptsächlich die Fermentrichtung in absteigender Richtung im Auge haben: den Zerfall höher zusammengesetzterer Verbindungen in die einfachst zusammengesetzten und halten wir die Erwähnung dieser Vorgänge in unserem Werke schon aus dem Grunde für vollkommen gerechtfertigt, als die Gährungstechniker oft genug mit derartigen Gährungsvorgängen — freilich meistens gegen ihre Absicht — zu thun haben. Diese Forschungen, welche wir in dieser Richtung erwähnen müssen, sind noch so jungen Datums, daß wir von denselben noch keine allgemein feststehenden Ergebnisse erwarten dürfen. Die Gesichtspunkte, von welchen sie ausgehen, sind aber so hochwichtige, daß eine kurze Darstellung derselben gewiß hier am Platze ist.

X. Die Spaltpilze.

Nägeli in München sieht sich auf Grund seiner Untersuchungen über jene Organismen, welche Gährungsvorgänge im weitesten Sinne des Wortes hervorzurufen vermögen, veranlaßt, dieselben in mehrere große Gruppen einzutheilen und stellt die nachstehende Eintheilung auf:

1. Schimmelpilze. Das sind ziemlich hochstehende Organismen, welche ein Mycelium oder Lager bilden, aus dem sich in einem gewissen Stadium der Entwickelung Aeste erheben, die Sporen hervorbringen, welche gleichsam die Samen dieser Pflanzen darstellen und auf geeignete Körper gebracht, sich wieder zu vollkommenen Pflanzen entwickeln. Diese Pflanzen bedürfen zu ihrer vollkommenen Entwickelung des freien Sauerstoffes und nur einige derselben können durch kurze Zeit ohne diesen Körper leben und wirken dann unter diesen Verhältnissen vergährend im eigentlichen Sinne des Wortes. Der gemeine Schimmel repräsentirt einen Schimmelpilz der ersten Kategorie. Jene Art, welche wir als Mucor Mucedo beschrieben haben, läßt sich als Repräsentantin der zweiten Gattung hinstellen.

2. Hefepilze oder Sproßpilze. In diese Kategorie von Organismen gehören alle jene Pilze, welche wir unter dem gemeinschaftlichen Namen der Ascomyceten zusammenfassen. Das charakteristische dieser Pilze besteht darin, daß ihr Leib blos aus einer einzigen Zelle besteht, welche sich bei Luftzutritt durch Sporen fortpflanzt, die sich innerhalb der Zellhülle (Ascus oder Schlauch) ausbilden, oder bei welchen die Vermehrung bei Luftabschluß in der Weise erfolgt, daß die Zellen sich durch Sprossung vermehren. Die Sproßpilze vermögen durch sehr lange Zeit den gänzlichen Mangel des freien Sauerstoffes zu ertragen und wirken unter diesen Verhältnissen vergährend. Es sind dies jene Organismen, welchen unter allen Gährungsorganismen die größte Wichtigkeit in technischer Beziehung zukommt.

3. Spaltpilze oder Schizomyceten. Diese Gruppe umfaßt die kleinsten und einfachst gebauten Organismen, welche wir überhaupt noch zu erkennen im Stande sind. Der Leib derselben besteht aus kugelförmigen Zellen, von so geringer Größe, daß mehrere hundert derselben erst dem Volumen einer gewöhnlichen

Hefezelle gleichkommen. Die Entwickelung der Spaltpilze findet in einer höchst einfachen Weise statt: die Zelle theilt sich in zwei neue, welche sich entweder alsbald von einander trennen und in Form von Kugeln erscheinen oder die Zellen haften aneinander und bilden dann fadenförmige Gebilde, welche bei sehr starker Vergrößerung die Zusammensetzung aus kugelförmigen Theilen mehr oder minder deutlich erkennen lassen. Obwohl nun die Fermente, welche wir bei der Essiggährung, Milchsäure- und Buttersäuregährung kennen lernten, der Gestalt nach vollkommen in die Reihe der Spaltpilze passen, so macht Nägeli zwischen diesen und den Spaltpilzen dennoch gegenwärtig einen, wenn auch nicht scharf begrenzten Unterschied und bezeichnet dieselben in Uebereinstimmung mit der älteren Bezeichnungsweise als Bacterien.

Eine absolute Grenze in der Thätigkeit dieser drei Gruppen von Organismen scheint nicht zu existiren, sondern es finden zwischen denselben Uebergänge statt, in ähnlicher Weise, wie wir dieses auch an vielen anderen Erscheinungen in der Natur beobachten können. Wir haben gezeigt, daß die echten Schimmelpilze unter geeigneten Umständen Alkoholgährung hervorzurufen vermögen, daß die Gährungsorganismen, welche Alkoholgährung veranlassen, im Zustande der sogenannten Selbstgährung Verbindungen produciren, welche mit jenen, die durch die Faulniß entstehen, große Aehnlichkeit haben; wir sehen, daß die Milchsäure-Bacterien neben Milchsäure und Buttersäure auch Alkohol zu produciren vermögen und können vermuthen, daß außer dem angegebenen Ineinandergreifen der verschiedenen Fermente bezüglich ihrer chemischen Thätigkeit noch manche andere Thatsachen existiren, welche für ein, wenn auch beschränktes Uebergehen der einen Fermentthätigkeit in die andere sprechen.

Wenn wir aber von diesen stets vereinzelt dastehenden Fällen absehen, so können wir jeder der vorgenannten Gruppen von Fermenten allerdings eine ganz bestimmte Fermentthätigkeit zuweisen und können die echten Schimmelpflanzen als verwesend wirkende, die Sproßpilze als vergährende und die Spaltpilze als Faulniß bedingende Fermente auffassen. Die Schimmelpilze zerlegen schließlich die organischen Verbindungen in die einfachst zusammengesetzten Körper: in Wasser, Kohlensäure und Ammoniak. Neben diesen Verbindungen werden sicher noch andere höher zusammengesetzte gebildet und erinnern wir hier nur an den charakteristischen Geruch, welcher sich überall zeigt, wo Schimmelbildung stattfindet und offenbar durch bestimmte, ihrer Zusammensetzung nach noch unbekannte Verbindungen hervorgebracht wird. Die Sproßpilze wirken vergährend in dem Sinne des Wortes, daß aus höher zusammengesetzten Verbindungen einfachere entstehen, von denen aber mindestens eine nicht zu den einfachsten gehört. Die Vergährung des Zuckers zu Alkohol, Glycerin u. s. w., neben Kohlensäure, gehört in den Wirkungskreis dieser Fermente.

Was nun die Thätigkeit der Spaltpilze anlangt, so ist dieselbe von jener der Schimmelpilze und der Sproßpilze weit verschieden; die Produkte, welche in Folge ihrer Thätigkeit entstehen, zeigen die größte Verschiedenheit bezüglich ihrer Zusammensetzung und gehören alle jene zahllosen Verbindungen, welche wir mit dem Sammelnamen der Faulnißprodukte bezeichnen, zu jenen, welche durch die

Spaltpilze hervorgebracht werden. Manche dieser Verbindungen müssen noch sehr hoch zusammengesetzt sein, indem sie von den Spalzpilzen weiter zerlegt oder in lebende Organismen übertragen werden können, in denselben als chemische Fermente weiter wirken und abermals Gährungserscheinungen hervorrufen. Nach den Darstellungen Nägeli's in dessen hochinteressantem Werke*) erscheint es beinahe mehr als wahrscheinlich, daß ein großer Theil der sogenannten ansteckenden Krankheiten entweder direct durch die vergährende Wirkung von Spaltpilzen, die in lebende Organismen gelangen oder doch durch Produkte, welche der Thätigkeit der Spaltpilze ihr Entstehen verdanken, hervorgerufen werden. Wenn es sich in Bezug auf die letztgenannte Erscheinung wirklich so verhält, wie nach den Nägeli'schen Arbeiten wahrscheinlich wird, so geben dieselben den Schlüssel zu der endgültigen Lösung der Ursachen, welche das Entstehen der Infectionskrankheiten bedingen und vielleicht auch die Mittel, letztere mit Erfolg zu bekämpfen.

Die Spaltpilze zeichnen sich den anderen Fermenten gegenüber durch eine Eigenschaft aus, welche, vorausgesetzt, daß sie in der That allen Spaltpilzen eigen ist, dieselben auf das schärfste von den übrigen Organismen sondert, welche wir bei Gährungen auftreten sehen; es ist dies die Fähigkeit, sich so ziemlich allen Ernährungsbedingungen anzupassen, welche überhaupt stattfinden können. Wenn sich dieser Satz vollinhaltlich bestätigt, so kommen wir zu dem Schlusse, daß es keine höher zusammengesetzte organische Verbindung geben kann, welche nicht durch die Spaltpilze zersetzt werden könnte. Wir fügen aber dem eben Ausgesprochenen gleich hinzu, daß wir der Ansicht sind, es könne eine derartige Zersetzung immer nur dann eintreten, wenn den Spaltpilzen neben der betreffenden Substanz auch noch alle jene Verbindungen zu Gebote stehen, welche überhaupt zur vollkommenen Ernährung eines Organismus erforderlich sind.

Die Physiologie lehrt uns aber, daß die Verbindungen stets stickstoffhaltige und stickstofffreie Körper neben Salzen sein müssen und können wir uns nur das Gedeihen der Spaltpilze in einem Mittel, welches diese Verbindungen enthält, denken. Was nun die Form betrifft, in welcher die Verbindungen den Spaltpilzen geboten werden, so scheint dieselbe ziemlich gleichgültig zu sein und in weitestem Sinne genommen, muß den Spaltpilzen die Fähigkeit zukommen, alle organischen Verbindungen zu zerstören. Wir können dann in diesem Falle nicht mehr von einer organischen Substanz sprechen, welche nicht gährungsfähig wäre; die Spaltpilze vermögen selbe doch zu zersetzen und ließe sich die von Mayer aufgestellte Theorie von denjenigen Körpern, welche ihrer chemischen Constitution nach vergährungsfähig oder nicht vergährungsfähig sind, nicht mehr aufrecht erhalten — wenigstens nicht in Bezug auf jene Gährungen, deren Ursache in der Vegetation von Spaltpilzen liegt. Wir stehen hier vor einer Frage, deren Wichtigkeit für die Erklärung der Gährungsvorgänge im Allgemeinen deutlich in die Augen fällt, deren Lösung aber nur durch eingehende Versuche, zu welchen die Aufstellung der Theorie über die Lebensweise der Spaltpilze sicherlich manchen Forschern Veranlassung geben wird, zu erwarten steht.

---

*) Nägeli: Die niederen Pilze. München 1877.

Wenn wir den Versuch machen, die Gesetze, welche Darwin über die Lebenserscheinungen aufgestellt hat, auch auf die höchst einfach gebauten Wesen, welche wir mit dem Sammelnamen der Spaltpilze bezeichnen, in Anwendung zu bringen, so müssen wir annehmen, daß die ungemein einfache Organisation, welche denselben zukommt, zugleich die Waffe ist, mit welcher sie sich gegen die höher stehenden Organismen im Kampfe um's Dasein am wirksamsten vertheidigen, indem es gerade die einfache Organisation ist, welche sie in den Stand setzt, sich von Körpern zu nähren, welche von den höher organisirten Wesen nicht assimilirt werden können. Stellen wir uns z. B. vor, es sei Bierhefe in Zuckerlösung getaucht, sich selbst überlassen worden. Die Gährungspflanze, in ihrem Bestreben nach Selbsterhaltung macht alle Anstrengungen, sich den ungünstigen Ernährungsverhältnissen anzupassen und gelingt ihr dieses auch bis zu einem gewissen Grade. Wie wir an früherer Stelle gezeigt haben, erscheint es ziemlich wahrscheinlich, daß den Fermenten der Alkoholgährung die Fähigkeit zukomme, gewisse stickstoffhaltige Ausscheidungsprodukte ihres Leibes wieder zu verzehren und in Folge dessen — wenn auch in kümmerlicher Weise — ihr Leben zu verlängern. Endlich tritt aber doch ein solcher Zustand der Flüssigkeit ein, in welchem die in ihr enthaltenen Körper nicht mehr im Stande sind, dem Alkoholfermente als Nahrung zu dienen und muß dieses in Folge Nahrungsmangels zu Grunde gehen — es stirbt den Hungertod und fällt nunmehr jenen Prozessen anheim, welche wir bis vor nicht ferner Zeit mit dem Namen der Verwesung und Faulniß bezeichnet haben und welche gewöhnlich auf die mächtig oxydirende Wirkung des Sauerstoffes bezogen wurden.

Obwohl wahrscheinlich der Sauerstoff bei jedem Vorgange, durch welchen höher zusammengesetzte organische Verbindungen in die einfachsten zerlegt werden, eine bedeutende Rolle spielt, so findet dieselbe nicht in der Weise statt, daß wir eine unmittelbare Verbindung annehmen dürfen; die Flüssigkeit, welche nur mehr todte Zellen von Alkoholferment enthält, ist immer noch von solcher Beschaffenheit, daß sie im Stande ist, Organismen zu ernähren, welche fähig sind, jene Stoffe zu verdauen, welche von den verhältnißmäßig hoch organisirten Alkoholfermenten nicht mehr als Nahrung verwendet werden können. Organismen von letzterer Beschaffenheit sind aber die Spaltpilze und läßt sich sagen, daß diese Organismen die Eigenschaft haben, von solchen Verbindungen sich nähren zu können, welche für höher stehende Lebewesen nicht mehr verdaut werden können.

Angeregt durch die Veröffentlichungen, welche Nägeli bezüglich der eigenthümlichen Lebensweise der Spaltpilze machte, führte ich folgenden Versuch aus: Gewöhnliche Bierhefe wurde in Zuckerlösung getaucht, sich selbst überlassen und die Flüssigkeit von Tag zu Tag mikroskopisch untersucht. Von dem Momente an, in welchem sich der deutliche Faulnißgeruch einstellte, konnten in der Flüssigkeit auch jene undefinirbaren Wesen in stets wachsender Menge nachgewiesen werden, welche wir mit Nägeli als Spaltpilze bezeichnen. Aber auch schon ganz kurze Zeit, nachdem man Hefe in dieses abnormale Ernährungsverhältniß bringt, geht die Reinheit derselben verloren und stellen sich Spaltpilze ein, so

daß sich sagen läßt, die Spaltpilze beginnen in dem Augenblicke ihre Thätigkeit, in welchem jene eines anderen Gährungsorganismus zu erlöschen beginnt.

Im weiteren Verfolge der Nägeli'schen Untersuchungen hat der Verfasser die verschiedenartigsten Körper, welche der Zersetzung fähig sind, der Prüfung auf die Gegenwart von Spaltpilzen unterzogen und in allen Fällen die Anwesenheit derselben festgestellt, soweit dies überhaupt mit Hülfe des Mikroskopes thunlich ist. In allen Fällen zeigten sich in der völlig klar filtrirten Flüssigkeit binnen Kurzem winzige kugelförmige Organismen, welche in der Mehrzahl der Fälle einzeln vorkamen, bisweilen aber auch zu Ketten vereinigt waren. Es sei hier bemerkt, daß gewissen nicht organisirten Substanzen ebenfalls die Eigenschaft zukommt, in Form von winzigen Kugeln zu erscheinen, welche selbst den in derartigen Beobachtungen Geübten irre zu führen vermögen und von demselben für Organismen gehalten werden. Es liegt in dieser Erscheinung eine der Hauptschwierigkeiten, welche sich der Bestimmung des Vorhandenseins von Spaltpilzen in einer Flüssigkeit entgegen stellen und muß die Beobachtung durch lange Zeit fortgesetzt werden, ehe man mit Sicherheit die organisirten Körper von den nicht organisirten zu unterscheiden vermag. Was immer für eine Secretion man auch untersucht, in allen Fällen zeigen sich noch meistens, bevor man die beginnende Zerlegung auf chemischem Wege nachweisen kann, Massen dieser räthselhaften Organismen und habe ich dieselben im Harne, in der Milch, im Magensafte frisch geschlachteter Thiere ebenso beobachtet, wie in vergohrenen Flüssigkeiten, welche nicht große Mengen von Alkohol enthielten.

Während die Alkoholgährungspilze in Flüssigkeiten, welche eine alkalische Reaction zeigen, rasch zu Grunde gehen, scheinen die Spaltpilze gleich gut in einer alkalischen und einer saueren Flüssigkeit leben zu können; nach den diesbezüglichen Versuchen Nägeli's scheint aber eine ganz schwach alkalische Beschaffenheit der Nährflüssigkeit am günstigsten für die Vermehrung der Spaltpilze zu sein. Dem entsprechend bietet auch die Milch und der Harn ein ausgezeichnetes Nahrungsmittel für die Spaltpilze. Wir können uns aber auch aus diesem Verhalten recht gut erklären, warum gewisse Flüssigkeiten, welche ihrer Zusammensetzung nach gleich geeignet für die Entwickelung aller bekannten Gährungsorganismen sind, dennoch fast immer eine ganz bestimmte Gährung durchmachen. Nach Nägeli kommt es hauptsächlich auf die Reaction an, welche die betreffende Flüssigkeit zeigt, welche Art von Fermentorganismen in derselben zur Entwickelung kommen. Flüssigkeiten, welche stark sauer sind, zeigen große Geneigtheit, durch die Schimmelfermente zersetzt zu werden. Traubenmost, welcher doch von der Traubenbeere her die zur Vergährung geeigneten Organismen in sich enthält, kommt nicht in geistige Gährung, wenn man demselben eine bedeutende Menge Weinsäure zufügt, sondern überzieht sich mit einer dichten Decke von Schimmel; in ähnlicher Weise verhält sich Bierwürze, wenn man sie mit Weinsäure versetzt. Gewöhnlicher Traubenmost ist nicht sauer genug, um die Entwickelung der Gährungsorganismen, welche die Alkoholgährung veranlassen, zu hemmen — er vergährt in normaler Weise. Leichter noch erfolgt die Vergährung frischer Bierwürze, indem diese nur eine sehr schwache sauere Reaction

zeigt. Macht man hingegen Traubenmost durch Zusatz von Kali ganz schwach alkalisch, so kommt derselbe nicht in alkoholische Gährung, sondern es siedeln sich in demselben in kurzer Zeit Spaltpilze in Massen an und unterliegt die Flüssigkeit verwickelten Zersetzungsprozessen, welche aber damit enden können, daß von allen in der ursprünglichen Flüssigkeit enthalten gewesenen Körpern nichts übrig bleibt, als Wasser, welches die Aschensalze gelöst enthält und in welchem sich huminartige Körper abgeschieden haben.

Was nun die Lebensbedürfnisse der Spaltpilze anlangt, so zeigen dieselben gewisse Uebereinstimmung mit den höher organisirten Fermenten und wenden wir uns zuerst dem Athmungsbedürfnisse derselben zu. Wir wissen von den echten Alkoholfermenten, daß sie zwar den absoluten Abschluß des Sauerstoffes durch eine gewisse Zeit hindurch zu ertragen vermögen, aber im Großen und Ganzen ohne diesen Körper ebensowenig auf die Dauer zu leben vermögen, wie irgend ein hochstehender Organismus. Bei den Spaltpilzen scheint die Fähigkeit, bei gänzlichem Abschlusse des Sauerstoffes leben zu können, eine noch weiter gehende zu sein, wie denn überhaupt denselben eine außerordentliche Lebenszähigkeit zukommen soll.

Wenn die sogenannten Bacterien nicht wesentlich von den Spaltpilzen verschieden sind, so machen wir an denselben die Wahrnehmung, daß der Zutritt des freien Sauerstoffes einen ganz verschiedenen Einfluß auf die dem Auge zwar ziemlich gleich erscheinenden — aber in Wahrheit von einander sehr verschiedenen hierher gehörigen Organismen nimmt. Wir erwähnten bei Besprechung jener Vorgänge, welche die Essiggährung veranlassen, daß die Essigbacterien bei völligem Abschluß des Sauerstoffes ihre vergährende, d. i. in diesem Falle Essigsäure bildende Wirkung einbüßen und zu Boden sinken. Es muß nun erst festgestellt werden, ob die Bacterien hierdurch auch wirklich getödtet werden oder ob sie nur in Ruhezustand übergehen und in eine andere Nährflüssigkeit gebracht, ihre vergährende Thätigkeit nicht in anderer Form fortsetzen. Wir sehen aber in dem Verhalten der Essigbacterien einen Lebensvorgang von Wesen, welche mindestens den eigentlichen Spaltpilzen sehr nahe stehen, und welchen die Gegenwart des freien Sauerstoffes für die fermentirende Thätigkeit unerläßlich ist.

Bei jenen Bacterien, welche sich bei Milchsäuregährung einstellen, liegen die Verhältnisse anders: für diese Organismen ist die Gegenwart des freien Sauerstoffes nicht erforderlich und geht z. B. die Bildung von Milchsäure in einer Flüssigkeit anstandslos von statten, wenn man dafür Sorge trägt, daß die neugebildete Säure sogleich neutralisirt werde, wenn auch der Zutritt des freien Sauerstoffes unmöglich gemacht wurde.

Wenn den Spaltzpilzen wirklch die Fähigkeit zukommt, alle organischen Verbindungen in die einfachst zuammengesetzten Körper zu verwandeln, so erscheint uns als ein Gebot der Nothwendigkeit, daß ihnen die Eigenschaft zukommt, ohne freien Sauerstoff zu leben, denn im Falle diese Organismen den freien Sauerstoff absolut nicht völlig entbehren könnten, so wäre die Zersetzung eines Körpers durch die Thätigkeit der Spaltpilze eigentlich nur in den äußersten Schichten desselben denkbar, indem aller zutretende Sauerstoff sofort von jenen Spaltpilzen

in Beschlag genommen würde, welche sich nahe an der Oberfläche angesiedelt haben. Die Erfahrung lehrt aber, daß wir an einem faulenden Körper, wo immer wir nach der Gegenwart von Spaltpilzen suchen, solche auch antreffen — gleichgültig, ob wir als Versuchsobject einen an der Oberfläche liegenden Theil oder einen aus der Mitte des Gegenstandes wählen. Als ein ziemlich schlagender Beweis für die Fähigkeit der Spaltpilze, ohne freien Sauerstoff zu leben, ergiebt sich auch das Factum, daß man eine zum Faulen geneigte Flüssigkeit beständig mit Kohlensäure gesättigte erhalten kann, ohne daß hierdurch dem Fortschreiten der Faulniß Einhalt gethan werden könnte.

Ebenso ausgezeichnet, wie durch ihre Anpassung an die verschiedenartigsten Ernährungsbedingungen scheinen die Spaltpilze durch ihre Widerstandsfähigkeit gegen Temperatureinflüsse zu sein. Die Versuche, welche der Verfasser in dieser Beziehung angestellt hat, beziehen sich hauptsächlich auf die Milchsäurebacterien — somit auf Organismen, für welche es noch nicht festgestellt ist, ob sie wirklich mit den Spaltpilzen in so innigem Zusammenhange stehen, daß für beide Gruppen von Organismen auch die gleichen Lebensbedingungen vorhanden sind. Aus diesen Versuchen hat sich aber mit voller Bestimmtheit ergeben, daß die Milchsäurebacterien bei einer Temperatur von 110 Graden sicher getödtet werden. Der experimentelle Beweis dieser Angabe läßt sich leicht wiederholen. Wenn man eine Flüssigkeit*), welche den Beginn der Milchsäuregährung und auch die betreffenden Organismen deutlich erkennen läßt, in ein Glasgefäß bringt, dieses verschließt, auf die angegebene Temperatur von 110 Graden erhitzt, so zeigt sich auch nach sehr langer Zeit absolut keine Veränderung in der Zusammensetzung oder im Geschmacke der Flüssigkeiten. Die diesbezüglichen Versuche wurden von dem Verfasser vor sechs Jahren begonnen und hätte dieser Zeitraum wohl ausgereicht, die in das beste Nährsubstrat getauchten Spaltpilze zur weiteren Entwickelung zu bringen, wenn überhaupt ein einziger derselben in lebendem Zustande die Erhitzung auf die angegebene Temperatur überdauert hätte. Bei den Spaltpilzen ist übrigens auch eine doppelte Vermehrungsweise zu unterscheiden und sollen neben den sproßenden Formen — das sind jene, welche sich durch Abspaltung neuer Zellen von den Mutterzellen vermehren — auch noch ausdauernde Sporen existiren; letztere sollen im Vergleiche mit den sproßenden Formen eine noch weit größere Lebenszähigkeit besitzen, als diese.

Von manchen Seiten wird behauptet, daß durch das Erhitzen der Spaltpilze gewissermaßen eine Conservirung derselben stattfinde, wenn man das Erhitzen nicht so weit steigert, daß jene Verbindungen, welche den Organismus zusammensetzen, nicht geradezu zerstört werden; nachdem wir aber auch in den Spaltpilzen Verbindungen anzunehmen haben, welche zu den Kohlehydraten gehören, so muß der Hitzegrad, welcher zur Tödtung der ruhend gemachten Spaltpilze erforderlich

*) Die zu den erwähnten Versuchen benutzte Flüssigkeit war Bierwürze, und eignet sich dieselbe überhaupt zu allen Versuchen über die Entwickelung der Fermentorganismen auf das Beste, indem sie denselben das ausgezeichnetste Nahrungsmittel liefert, welches alle künstlich zusammengesetzten Nährflüssigkeiten übertrifft.

ist, beiläufig 130 Grade betragen. Wenn der Ruhezustand der Spaltpilze durch ein Erhitzen auf eine gewisse Temperatur eintreten soll, so können wir uns denselben nur dadurch hervorgerufen denken, daß die Organismen in gewisser Hinsicht hierdurch leiden und eine längere Zeit brauchen, bis sie sich wieder so weit erholen, um ihre Thätigkeit in solcher Art fortzusetzen, daß sich dieselbe durch chemische Mittel nachweisen läßt.

Daß ein dem eben angeführten Vorgange sehr ähnlicher bei der Wirkung der Spaltpilze wirklich stattfinde, läßt sich leicht an der Bierwürze nachweisen. Wenn man Bierwürze mit Hefe stellt, welche Milchsäureferment enthält, so entsteht aus einem Theile des in der Würze enthaltenen Zuckers eine kleine Menge von Milchsäure; erhitzt man sodann die gährende Flüssigkeit durch Einstellen in kochendes Wasser auf 100 Grade, so wird hierdurch das Alkoholferment getödtet — nicht aber das Milchsäureferment. Man kann aber die Flüssigkeit durch mehrere Monate stehen lassen, ohne daß sich eine Vermehrung der Milchsäuremenge nachweisen ließe; nach Verlauf dieser Zeit stellt sich aber wieder eine Neubildung von Milchsäure ein, welche hinreichend stark ist, um sicher nachgewiesen zu werden.

Wir schließen aus dem angeführten Versuche, daß, wie oben erwähnt, das Milchsäureferment durch eine seiner Tödtungstemperatur, welche bei 110 Graden liegt, nahekommenden Hitzegrad, für eine gewisse Zeit wenigstens, in seiner Entwickelung gehemmt werde und erklären uns aus diesem Verhalten, daß sich gewisse Flüssigkeiten, in welchen sich Spaltpilze oder Bacterien befinden, nach der Appert'schen Methode nur für eine gewisse Zeit, aber nicht für immer, conserviren lassen, wenn man die Temperatur nicht so hoch steigert, daß die Organismen bestimmt getödtet werden.

Ein sehr wichtiges Moment für die Wiederentwickelung der gleichsam durch die Einwirkung hoher Wärmegrade gelähmten Spaltpilze scheint in der Gegenwart des freien Sauerstoffes zu liegen und habe ich die Wahrnehmung gemacht, daß auch die Milchsäurebacterien, welche man durch Erhitzen auf 100 Grade in ihrer Entwickelung beeinträchtigt hat, rascher zur neuerlichen Entwickelung gelangen, wenn man dem Sauerstoffe freien Zutritt gestattet, als wenn man denselben abschließt. Es scheint diese Wahrnehmung dafür zu sprechen, daß auch jene Wesen, welche zu ihrem Leben als Fermente nicht unbedingt des freien Sauerstoffes bedürfen, — dies ist bei dem Milchsäurefermente der Fall — dennoch kräftiger gedeihen, wenn sie dieses belebenden Körpers habhaft werden können. Ueber die Lebenszähigkeit der Spaltpilze liegen bis nun Angaben vor, welche aller Erfahrung, die wir über die giftige Wirkung gewisser Körper auf Organismen haben — und als letztere müssen wir die Spaltpilze immer betrachten, direct entgegenstehen; die Spaltpilze sollen z. B. durch absoluten Alkohol nicht getödtet, sondern nur in den Ruhezustand übergeführt werden — eine Angabe, welche gewiß nur mit der größten Vorsicht aufgenommen werden darf. Die gewöhnlichen Mittel, welche man zur Vernichtung von niederen Pilzen allgemein anwendet, zeigen gegen die Spaltpilze geringere Wirkung als gegen die Alkoholfermente und werden von den ersteren in kleinen Mengen vertragen, ohne ihnen Schaden

bezüglich ihrer Entwickelung zu bringen; während selbst die Carbolsäure bis zu einer gewissen Grenze gegen die Spaltpilze nicht als Gift einwirkt, scheinen aber die sulfcarbolsauren Salze und der Schwefelkohlenstoff gegen dieselben ungemein heftige Gifte zu sein und wendet man daher die genannten Verbindungen als Conservirungsmittel ziemlich häufig an.

Es ist nicht daran zu zweifeln, daß den Spaltpilzen in der Natur eine ungemein wichtige Rolle zufällt, und besteht dieselbe nach unserer Meinung darin, daß durch diese Organismen aus irgend welchen höher zusammengesetzten organischen Verbindungen immer einfacher zusammengesetzte entstehen, bis schließlich nur mehr die einfachsten Verbindungen — Kohlensäure, Wasser und Ammoniak vorhanden sind; nach den Andeutungen, welche bis nun in dieser Beziehung gemacht wurden, kann es kaum mehr zweifelhaft sein, daß eine große Zahl von Krankheiten durch die massenhafte Entwicklung dieser Organismen bedingt werde, und läßt sich hierdurch das epidemische Auftreten gewisser Krankheiten erklären. Es haben demnach die Spaltpilze nicht nur für den Gährungschemiker, sondern auch für den Arzt eine sehr große Wichtigkeit. Wir können an dieser Stelle nicht auf die Bedeutung der Spaltpilze in dieser Hinsicht näher eingehen, sondern wollen uns nur darauf beschränken, einige Andeutungen über die Wichtigkeit zu geben, welche diese Organismen für die gährungs-chemischen Gewerbe selbst besitzen.

Unter den Spaltpilzen sind es ganz besonders zwei Organismen, welche besondere Aufmerksamkeit verdienen, indem sie geradezu absichtlich cultivirt werden; es sind dies das Essigferment und das Milchsäureferment — welche beide zwar von den eigentlichen Spaltpilzen unterschieden werden — aber denselben sowohl in Bezug auf ihre Gestalt, als auch in Bezug auf ihre Lebensweise so nahe stehen, daß eine scharfe Grenze nicht recht erfindlich ist. Wiewohl das Ferment der Milchsäuregährung vielfach in unerwünschter Weise auftritt, so hat es doch eine gewisse Bedeutung in der Industrie, indem man die Anwesenheit dieses Fermentes bekanntlich in der Branntweinbrennerei für nothwendig erachtet, da die durch dasselbe gebildete Milchsäure zur Löslichmachung der Proteïnate mitwirkt, welche in den gemaischten Pflanzenstoffen enthalten sind. Während diese Organismen aber nur eine untergeordnete Rolle in der Technik der Gährungsgewerbe spielen, kommt manchen Spaltpilzen ganz entschieden eine bedeutende Rolle bei dem Biere und vielleicht auch bei dem Weine zu. Wir sind nämlich der Ansicht, daß das bis nun unbenannte Ferment, welches wir auf Seite 110 beschrieben und abgebildet haben, zu den Spaltpilzen zu rechnen sei; im alten Weine finden wir häufig organische Gebilde, die wir mit Bezug auf ihre Größe und ihren Körperbau gleichfalls in die noch ziemlich vag umgrenzte Gruppe der Spaltpilze rechnen können, und endlich, wo immer sich an einer organischen Substanz Verwesung oder Faulniß nachweisen läßt, stellen sich auch stets Gebilde ein, welche aus ungemein kleinen kugelförmigen Zellen bestehen, die sich durch Spaltung vermehren.

Die Wichtigkeit der Spaltpilze für die Gährungstechniker liegt unseres Dafürhaltens hauptsächlich darin, daß sich dieselben überall dort ansiedeln, wo sich organische Substanzen unter gewissen Verhältnissen selbst überlassen sind. Wenn

wir uns die Mühe nehmen, die geringe Menge von Flüssigkeit zu untersuchen, welche sich zwischen dem Boden und den Dauben eines Fasses ansammelt, so werden wir dieselbe kurz nachdem das Faß mittelst Dampf gereinigt wurde, mit Spaltpilzen erfüllt sehen, und hängt es von der Beschaffenheit der Flüssigkeit ab, welche später in das Faß gefüllt wird, ob sich die Spaltpilze weiter entwickeln, oder ob sie getödtet — respective in den Ruhestand versetzt werden. In den beiden letztgenannten Fällen ist für den Praktiker die Anwesenheit dieser Organismen in der Flüssigkeit ohne Bedeutung, während sie im ersteren für ihn eine Quelle vieler Arbeit und materieller Verluste sein könne.

Die Zeit, während welcher wir mit den Spaltpilzen überhaupt bekannt sind, ist eine sehr kurze — die Kenntnisse, welche wir über diese merkwürdigen Wesen haben, sind so geringe, und endlich die Angaben der verschiedenen Forscher einander oft gradezu so widersprechend, daß wir uns auf das vorstehend Angeführte beschränken müssen — daß den Spaltpilzen eine sehr wichtige Stelle unter jenen Wesen, welche wir als Ferment bezeichnen, zukomme — darüber kann wohl selbst gegenwärtig, wo unsere Kenntnisse über dieselben so ungemein beschränkt sind, kein Zweifel mehr sein — sie sind die einfachst gebauten aber zugleich mit der größten Fermentenergie ausgerüsteten unter allen Gährungsorganismen.

XI. Die Arbeitsleistung der Gährungsorganismen.

Wir haben uns bisher mit den morphologischen und physiologischen Verhältnissen der Fermentorganismen beschäftigt und wenden uns nunmehr der Frage bezüglich der Arbeitsleistung derselben zu. Unter der Arbeitsleistung der Fermente verstehen wir die Gesammtsumme von chemischer Arbeit, welche das einzelne Invidunm irgend eines Gährung veranlassenden Organismus überhaupt zu leisten vermag — abgerechnet jener, die es zur Erhaltung des eigenen Organismus zu vollbringen hat. Wenn wir für diesen Fall einen bestimmten Organismus z. B. Saccharomyces cerevisiae hernehmen, so läßt sich der Begriff der chemischen Arbeitsleistung in der Form ausdrücken, daß wir fragen: wie viel Zucker vermag eine Zelle dieses Fermentes überhaupt in Alkohol, Kohlensäure und in die anderen Gährungsprodukte umzuwandeln?

Es läßt sich wohl nicht zweifeln, daß bezüglich dieses Gegenstandes bestimmte, innerhalb gewisser Grenzen eingeschlossene Verhältnisse walten, die wir aber bis nun noch nicht im entferntesten kennen, denn das Maaß, welches uns die neuproduzirte Menge von Hefe an die Hand giebt, und welches früher für ein sehr zuverlässiges gehalten wurde, ist in Wirklichkeit ein ganz illusorisches. Wir haben in unserer Darstellung über die Lebensthätigkeit der Alkoholfermente gezeigt, daß wir im Stande sind, eine gewaltige Vermehrung des Fermentes herbeizuführen, ohne daß überhaupt Gährung eingetreten wäre, und läßt sich dieses Verhältniß stets leicht herbeiführen, wenn man dem Alkoholfermente neben allen jenen Stoffen, deren es zum Leben bedarf, auch noch eine solche Menge von Sauerstoff giebt, daß es nicht gezwungen wird, denselben auf dem Umwege, welcher durch die Zerlegung von chemischen Verbindungen bedingt wird, zu beziehen.

Wir wissen aus den allgemeinen gültigen physikalischen Gesetzen, daß sich jede Arbeitsleistung durch eine gewisse Menge von Wärme-Einheiten ausdrücken läßt, und fehlt es auch nicht an Untersuchungen, welche die Bestimmung der Arbeitsleistung der Fermente in dieser Beziehung zum Gegenstande haben. Wenn es nun auch möglich ist, die Gesammtarbeitsleistung, welche die Gährungsorganismen vollbringen, in Wärmeeinheiten auszudrücken, so lassen sich nach unserer

Meinung aus den so gefundenen Resultaten keine Schlüsse in Bezug auf die Arbeitsleistung der Alkoholfermente in technischer Beziehung ziehen. Von diesem Standpunkte aus müssen wir die Frage stellen: wie groß ist die Menge von Zucker, welche eine bestimmte Gewichtsmenge von Gährungsorganismen in Alkohol, Kohlensäure u. s. w. überzuführen vermag? Wenn wir es versuchen, die Arbeitsleistung der Fermente in Wärmeeinheiten auszudrücken, so erhalten wir immer Ergebnisse, welche neben der chemischen Arbeitsleistung — die uns zunächst interessirt, auch noch die physiologische in sich schließen. — Das Resultat setzt sich aus zwei Factoren zusammen: der eine derselben ist die Arbeitsleistung, welche sich in der Zerlegung der chemischen Verbindungen, die in der Nährflüssigkeit enthalten sind, äußert, und die Menge von Alkohol und Kohlensäure nebst den anderen Gährungsprodukten, welche durch die Fermentorganismen gebildet werden, macht diesen Theil der Arbeitsleistung, welchen wir als den chemischen bezeichnen können, aus. Neben der chemischen Arbeitsleistung der Fermente gibt es aber auch noch eine physiologische, und äußert sich dieselbe in der Ernährung und Vermehrung der Fermentorganismen.

Der letztgenannte Factor ist aber in hohem Grade abhängig von dem Zustande der Organismen, durch welche die Gährung veranlaßt wird und kann man in dieser Beziehung nur einigermaßen zu richtigen Resultaten gelangen, wenn man die Versuche so leitet, daß die Vergährung durch eine minimale Menge von Fermentorganismen eingeleitet wird, welche sich in der Flüssigkeit weiter ausbildet. In der Praxis kommt aber dieser Fall nie vor; wir fügen entweder den zu vergährenden Flüssigkeiten eine größere Menge von Gährungsorganismen zu — wie dies beim Stellen der Bierwürze und der Branntweinmaische geschieht oder wir überlassen dieselben, wie beim Weinmoste — der sogenannten freiwilligen Gährung, bei welcher wir gar kein Urtheil über die Menge der Fermentorganismen haben, welche in der Flüssigkeit enthalten sind.

Wie bei jedem Organismus die Arbeitsleistung von der mehr oder minder günstigen Ernährung abhängig ist, so ist sie es auch bei den Alkoholfermenten und finden wir, daß sich in Flüssigkeiten, deren Zusammensetzung eine derartige ist, daß sie den Fermenten ein vorzügliches Nahrungsmittel abgiebt, verhältnißmäßig große Mengen von Gährungsorganismen ausbilden und auch eine bedeutende Menge von Zucker in die Gährungsprodukte umgesetzt wird. Wir kommen somit zu dem für die Praxis der Gährungsgewerbe hochwichtigen Schluß, daß die Arbeitsleistung der Fermente eine um so bedeutendere sein muß, je günstiger die Bedingungen für die Entwickelung und Ernährung der Organismen gestellt sind.

Zwischen der Menge neu producirter Hefe und der chemischen Arbeitsleistung besteht ein gewisses Verhältniß, welches sich aus der praktischen Erfahrung deutlich erkennen läßt; wie es scheint, kommt es hauptsächlich darauf an, daß die Fermentorganismen einen ihnen zusagende stickstoffhaltige Nahrung neben den Salzen vorfinden, neben welchen auch noch eine entsprechende Menge von gährungsfähigem Zucker vorhanden sein muß. Sind diese Bedingungen gegeben, so findet eine Produktion von Organismen statt, welche in allen Fällen, vorausge-

setzt, daß die nöthige Wassermenge vorhanden ist und eine bestimmte Temperatur eingehalten wird, ausreicht, um die Gährung so lange fortdauern zu machen, bis die Alkoholmenge in der Flüssigkeit so hoch gestiegen ist, daß sie der weiteren Thätigkeit der Organismen ein unüberwindliches Hinderniß entgegen setzt. Wenn wir ein Mittel kennen würden, durch welches sich der neugebildete Alkohol beständig aus der gährenden Flüssigkeit entfernen ließe, ohne die Fermentorganismen zu schädigen, so ließe es sich wohl annehmen, daß in Nährflüssigkeiten, welche eine für die Entwickelung der Fermentorganismen so günstige Beschaffenheit haben, wie sie z. B. Bierwürze und Traubenmost bietet, eine sehr große Menge von Zucker vergährt werden könne und müßte dann in diesem Falle die Gährung eigentlich so lange andauern, bis die Hefe keine stickstoffhaltige Nahrung und keine Nährsalze mehr vorfindet; jede Gährung müßte mit der Selbstgährung der Hefe ihren Abschluß finden.

In der Praxis der Gährungsgewerbe kommt dieser Fall nur in Ausnahmsfällen vor, indem er nur eintreten könnte, wenn die Nährflüssigkeit der Fermentorganismen eine so ungünstige Zusammensetzung besäße, daß sie auf ein Uebermaß von Zucker nur eine sehr geringe Menge von stickstoffhaltigen Körpern und Salzen enthielte.

Wenn wir eine vollkommen normale Ernährung der Fermentorganismen annehmen, so gelangen wir in Bezug auf die Mengen der Gährungsprodukte, welche aus einer gegebenen Menge von Zucker gebildet werden, zu einem bestimmten Schlusse, ohne daß wir jedoch im Stande sind, ebenso bestimmte Angaben über die gesammte Arbeitsleistung der Fermentorganismen — die chemische und physiologische Arbeitsleistung zusammengenommen — zu machen.

Schon Lavoisier stellte über die chemische Arbeitsleistung der Fermente Versuche an, bei welchen er freilich nur den Zweck im Auge hatte, zu ermitteln, in welche Gährungsprodukte der Zucker bei der Gährung verwandelt wird und wie groß die Mengen der einzelnen hierbei gebildeten Körper sind. Lavoisier kannte außer den beiden Hauptprodukten der alkoholischen Gährung des Zuckers, Alkohol und Kohlensäure, nur noch die Essigsäure und basirte seine Rechnung auf dieselben. Abgesehen davon, daß diese Körper nicht die alleinigen Gährungsprodukte sind, stand diesem Forscher nur eine höchst unvollkommene analytische Methode zu Gebote — Gründe genug, welche darauf schließen lassen, daß die von ihm gefundenen Resultate dem heutigen Stande der Wissenschaft gegenüber fehlerhaft erscheinen müssen.

Erst die Nachfolger Lavoisier's gelangten zu genaueren Resultaten über die Produkte, welche bei der Alkoholgährung entstehen und konnte Gay-Lussac im Jahre 1813 die allgemein bekannte Gleichung aufstellen, nach welcher ein Molecül Zucker in zwei Molecüle Alkohol und zwei Molecüle Kohlensäure zerfalle. Diese Anschauung über die chemische Arbeitsleistung der Fermente blieb bis in die neuere Zeit die maßgebende, bis es Pasteur gelang, zu zeigen, daß wir die Gährung als einen Vorgang auffassen müssen, bei welchem eben so bestimmt, als aus dem Zucker Alkohol und Kohlensäure gebildet wird, noch andere Körper entstehen. Es gelang Pasteur zwei dieser Körper: Glycerin und Bernsteinsäure

quantitativ nachzuweisen, sowie außerdem, wenn auch nur durch den Verlust, welchen die Rechnung ergiebt, den Beweis zu liefern, daß ein Theil des Zuckers direkt zur Ernährung der Gährungsorganismen verwendet werde.

Obwohl die von Pasteur aufgestellte Gährungsgleichung ein entschiedener Fortschritt in der Erkenntniß der Arbeitsleistung der Fermente ist, kann man dieselbe nur als eine unvollkommene anerkennen. Selbst wenn wir uns bemühen, den reinsten Zucker für den Versuch anzuwenden, finden wir, daß der in Folge der Gährung entstehende Alkohol einen eigenthümlichen Geruch besitzt, den er Körpern verdankt, welche wir mit dem Namen Fuselöle bezeichnen. Die Fuselöle sind ganz entschiedene Gährungsprodukte und müssen aus dem Zucker entstehen, so daß schon dies ein Beweis dafür ist, daß die Pasteur'sche Gährungsgleichung ebenfalls ein nur in den äußeren Umrissen richtiges Bild bietet, wie dies vor dem Bekanntwerden der Pasteur'schen Untersuchungen mit der Gährungsgleichung Gay-Lussac's der Fall war. Wir dürfen ferner nicht vergessen, daß bei jeder Alkoholgährung stets eine, wenn auch noch so geringe Menge von Essigsäure gebildet wird, die sich vielleicht auch einmal in die Gährungsgleichung einfügen läßt.

Wir müssen dem Fleiße Pasteur's für die Aufstellung der neuen Gährungsgleichung dankbar sein, indem dieselbe einen Fortschritt gegenüber der Gay-Lussac'schen darstellt; wir sind aber der Ansicht, daß es nicht möglich sei, eine für alle Fälle gültige Gährungsgleichung aufzustellen, sondern daß dieselbe hauptsächlich von jenen Factoren abhängig ist, welche überhaupt für die geistige Gährung maßgebend sind: die chemische Zusammensetzung der Nährflüssigkeit und die Temperatur, bei welcher die Gährung erfolgt. Bei höherer Temperatur entsteht erfahrungsmäßig immer eine etwas größere Menge von Essigsäure als bei niederer.

Wir können die Arbeitsleistung eines Alkoholfermentes im Großen und Ganzen an der Menge des von dem Fermente vergohrenen Zuckers als auch der neugebildeten Fermentmenge messen und hängt es von äußeren Umständen ab, ob sich die Arbeitsleistung hauptsächlich als vergährende oder als physiologische Thätigkeit äußert. Es müssen daher, wenn Bestimmungen über die Arbeitsleistung der Fermente angestellt werden sollen, die Verhältnisse immer der Art eingerichtet sein, daß das Ferment sogleich vom Beginn seiner Entwickelung gezwungen ist, vergährend zu wirken, denn nur in diesem Falle lassen sich Resultate gewinnen, welche einigermaßen Anspruch auf Richtigkeit haben, obwohl die so gefundenen Zahlen keineswegs volle Genauigkeit gewähren. Um aber bei Ermittelung der Arbeitsleistung der Fermente wenigstens einige Anhaltspunkte zu haben, vernachlässigt man gewöhnlich die ganze Arbeit, welche die Organismen zu ihrer Vermehrung bedürfen, und berücksichtigt nur jene Arbeit, welche sich in der Zersetzung einer gewissen Menge von gährungsfähigem Zucker äußert.

Beinahe alle Versuche, welche in Bezug auf die Gährung angestellt werden, kommen unter Anwendung von möglichst reinem Rohrzucker zur Durchführung. Wir wissen aber, daß Rohrzucker als solcher nicht gährungsfähig ist, sondern erst

in gährungsfähigen Zucker übergeführt werden muß, wenn er in Gährung gelangen soll. Es kann keine Frage sein, daß auch zu dieser Umwandlung des Rohrzuckers eine gewisse chemische Arbeitsleistung erforderlich ist und müßte diese ebenfalls in Rechnung gezogen werden, wenn man auf streng wissenschaftlichem Wege genau die Arbeitsleistung feststellen wollte, welche eine gewisse Menge von Alkohol-Gährungsferment zu leisten im Stande ist.

Die Frage nach der Arbeitsleistung der Alkoholfermente hat nicht nur ein theoretisches Interesse, indem es gewiß sehr wünschenswerth ist, genau zu wissen, wie groß die Menge an Hefe sein muß, welche man einer bestimmten Menge von Zuckerlösung zuführen muß, um dieselbe innerhalb einer gegebenen Zeit möglichst vollständig zu vergähren. Wenn diese Frage auch bis nun nicht mit wissenschaftlicher Genauigkeit gelöst ist, so besitzen wir dennoch gewisse Anhaltspunkte für die Lösung derselben, welche von Seite der Praktiker gewonnen wurden. Für den Gährungschemiker ist es materieller Verhältnisse wegen von großer Wichtigkeit, mit möglichster Genauigkeit die Zeit bestimmen zu können, innerhalb welcher ein bestimmtes Zuckerquantum möglichst vollständig vergähren wird. Die Praktiker haben bei diesem Bestreben die Erfahrung gemacht, daß die Menge der Hefe, welche man einer Zuckerlösung zusetzt, durchaus nicht der alleinige Faktor sei, sondern daß auch der Zustand, in welchem sich die Hefe eben befindet, von großer Bedeutung sei. Diese Wahrnehmung hat sowohl zur Anwendung der sogenannten „die Gährung kräftigenden Mittel" geführt, welche meistens nur einen untergeordneten Werth besitzen und nur dann von wirklichem Nutzen sein können, wenn sie dem Fermente einen Theil der Nahrungsstoffe, die sie in der Nährflüssigkeit nur in ungenügender Menge vorfindet, bieten und hierdurch eine normale Ernährung desselben herbeiführen.

Ein weit größerer Nutzen für die Praxis liegt darin, daß man bei aufmerksamer Beobachtung der Gährungserscheinungen zu der Erkenntniß gelangte, daß es nicht genug sei, den Gährungsorganismen alle Nährstoffe in genügender Menge und in bester Form zu bieten, sondern daß man auch dafür Sorge tragen müsse, daß dieselben auch noch alle anderen Bedingungen vorfinden, welche ihre möglichst kräftige Entwickelung fördern. Gegenwärtig fängt man immer mehr an, in den Gährungsgewerben der Cultur der Gährungsorganismen immer größere Aufmerksamkeit zuzuwenden und lohnt sich diese durch immer größer werdende Ausbeuten an jenen Gährungsprodukten, derentwillen man eigentlich den ganzen Gährungsvorgang einleitet. Wiewohl man bis jetzt noch nicht so weit gelangt ist, in der Praxis von Fall zu Fall die Arbeitsleistung der Fermente so hoch zu steigern, daß sie stets die größtmögliche Menge an Gährungsprodukten produciren, so ist man derselben schon ziemlich nahe gekommen und zeigt sich ganz besonders in der Erkenntniß des Schwächerwerdens der Hefethätigkeit bei mangelndem Sauerstoff, gleich das Mittel, das mattgewordene Ferment durch Lüftung wieder neu zu kräftigen.

Ohne daß wir es hier versuchen wollen, die Arbeitsleistung der Alkoholfermente in einen ganz bestimmten Satz auszudrücken, wollen wir diesen Abschnitt nicht schließen, ohne einen Satz auszusprechen, welcher gewiß die Beachtung aller

Industriellen, welche mit Gährungserscheinungen zu thun haben, im vollsten Maße verdient:

Die Arbeitsleistung eines Fermentes ist eine um so größere, je günstiger die Ernährungsverhältnisse der Fermentorganismen während der Gährung sind. Die Bedingungen für eine günstige Ernährung der Gährungsorganismen liegen aber in mehreren Faktoren und zwar:

1) in dem Vorhandensein der genügenden Nahrungsstoffe in der Nährflüssigkeit der Gährungsorganismen;

2) diese Nährstoffe sollen in jener Form vorhanden sein, in welchen sie von den Fermenten am leichtesten assimilirt werden;

3) in dem Einhalten jener Temperatur, bei welcher sich das betreffende Fermant am raschesten entwickelt und

4) in einer zu gewissen Zeiten stattfindenden Sauerstoffzufuhr, durch welche das Ferment, welches sonst matt werden würde, neuerdings in den Stand gesetzt wird, vergährend zu wirken . . . mit einem Worte: Je günstiger die gesammten Ernährungsbedingungen für die Fermentorganismen gestellt sind, desto größer wird auch die Arbeitsleistung derselben sein.

XII. Die Gährungsprodukte.

Unter Gährungsprodukten sind im weitesten Sinne des Wortes alle neugebildeten Körper zu verstehen, welche sich in einer vergohrenen Flüssigkeit vorfinden, nachdem dieselbe den Gährungsproceß vollständig durchgemacht hat und müssen demnach alle jene Körper als Gährungsprodukte bezeichnet werden, welche überhaupt durch die Thätigkeit der Fermentorganismen entstehen. Obwohl diese Auffassung des Begriffes Gährungsprodukte im theoretischen Sinne die allein richtige ist, so versteht man in der Praxis unter Gährungsprodukten gewöhnlich blos die Summe jener Stoffe, welche bei der Gährung in größeren Mengen auftreten und unterscheiden die Praktiker unter den letzteren wieder solche, welche nutzbar sind und solche, die er als Verluste anzusehen gewohnt ist. Bei allen Gährungen, welche in die Gruppe jener gehören, die wir als geistige oder Alkoholgährungen bezeichnen, bildet sich Alkohol und Kohlensäure; letztere wird gewöhnlich verloren gegeben, so daß als eigentliches Gährungsprodukt nur der Alkohol übrig bleibt.

Es ist aber jedem Praktiker bekannt, daß er niemals reinen Alkohol in der vergohrenen Flüssigkeit findet, sondern daß sich neben diesem stets eine gewisse Menge von anderen Verbindungen erhält, welche zwar meistens nur in geringen Mengen auftreten, aber trotzdem in der Praxis große Bedeutung haben, indem sie in der Mehrzahl der Fälle zu jenen Produkten gehören, deren Entstehung nicht erwünscht ist und welche erst durch mühsame Arbeit von dem Alkohole getrennt werden können. Wir haben kaum nothwendig anzuführen, daß dies jene Produkte sind, welche wir unter dem Collectivnamen der Fuselöle zusammenfassen. Wir finden diese Nebenprodukte bei den Alkoholgährungen ebenso constant vor, als die Hauptprodukte und erscheint die Annahme, daß dieselben in allen Fällen als normale Gährungsprodukte anzusehen seien, eine wohl berechtigte.

Aus der praktischen Erfahrung ergiebt sich, daß die Anwesenheit gewisser Fuselöle im engen Zusammenhange mit den Rohmaterialen zu stehen scheint, welche man bei der Gährung als zuckerhaltige Substanzen in Anwen-

dung bringt. Es ist eine bekannte Sache, daß die aus verschiedenen Materialien gewonnenen Alkohole stets von bestimmten Fuselölen begleitet werden und schreibt man daher die Gegenwart dieser Produkte der ursprünglichen Zusammensetzung der Nährflüssigkeiten zu — so daß die Fuselöle zwar als normale Gährungsprodukte anzusehen sind, ohne daß es jedoch bis jetzt möglich ist, dieselben ganz genau für eine bestimmte ursprüngliche Flüssigkeit zu präcisiren.

Wir finden auch thatsächlich, daß bei der Vergährung gewisser Flüssigkeiten, die aus einem bestimmten Rohmateriale gewonnen wurden, bestimmte Fuselöle auftreten, so z. B. bei der Gährung von Kartoffelmaischen der Amylalkohol, bei jener von Getreidemaischen das sogenannte Kornfuselöl, bei der Gährung des Traubenmostes der sogenannte Oenanth-Aether — wir sehen aber auch, daß diese Fuselöle in Bezug auf ihre nähere Zusammensetzung sehr bedeutend abändern, je nachdem die Gährung der betreffenden Flüssigkeit bei niederer oder höherer Temperatur erfolgt und giebt es in dieser Beziehung zahllose Variationen, welche aber bestimmt mit der verschiedenen Ernährung der Gährungsorganismen zusammenhängen. Die außerordentliche Wichtigkeit dieser, wenn auch nur immer in geringen Mengen auftretenden Gährungsprodukte erhellt schon daraus, daß dieselben der Gesammtmenge der Gährungsprodukte eigentlich erst den charakteristischen Stempel aufdrücken und daß es sehr schwierig ist, dieselben so vollständig aus dem Alkohole zu beseitigen, daß es für einen Kenner nicht möglich wäre, aus der ungemein geringen Menge von Fuselölen, welche selbst bei der sorgfältigsten Reinigung dem Alkohole anhaften bleibt, zu bestimmen, aus welchem Rohmateriale der betreffende Alkohol dargestellt wurde.

Das relative Verhältniß der Gährungsprodukte.

Bevor wir uns der zum Theile noch sehr dunklen Frage bezüglich der Gährungsprodukte zuwenden, welche wir als Fuselöle zu bezeichnen haben, wollen wir jene Gährungsprodukte erörtern, welche bei Alkoholgährung in größter Menge auftreten und jene Untersuchungen kurz besprechen, die über die Art und Menge dieser Produkte angestellt wurden.

Die erste auf analytischen Untersuchungen beruhende Arbeit über die Gährungsprodukte des Zuckers verdanken wir Lavoisier; obwohl diese Arbeit nach dem heutigen Stande unseres Wissens keinen Werth mehr hat, führen wir sie dennoch in ihren Resultaten an, indem wir aus denselben erkennen können, wie weit abweichend die frühere Anschauung über das Wesen und die Mengen der bei der Alkoholgährung entstehenden Produkte war. Lavoisier fand Zahlen, welche, obwohl alle unrichtig, dennoch in Bezug auf das Gesammtergebniß der Analyse ein weit weniger unrichtiges Bild geben, als zu erwarten wäre, indem sich einzelne Fehler derart decken, daß eine Verringerung des Gesammtfehlers entsteht.

Lavoisier's Untersuchung über die Gährungsprodukte.

Lavoisier*) fand nachstehende Resultate:

95,9 Pfund krystallisirter Rohrzucker besteht aus:

Kohlenstoff	26,8 Pfund
Wasserstoff	7,7 „
Sauerstoff	61,4 „

und giebt bei der geistigen Gährung:

		Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff
Alkohol	57,7 Pfund	16,7	9,6	31,4
Kohlensäure . . .	35,3 „	9,9	—	25,4
Essigsäure	2,5 „	0,6	0,2	1,7
	95,5 Pfund	27,2	9,8	58,5

Wenn wir diesen Zahlen jene gegenüber stellen, welche sich nach der bis vor kurzem als die richtige geltende Ansicht, bei der Alkoholgährung werde nur Alkohol und Kohlensäure gebildet, ergeben, so finden wir für dieselbe Zuckermenge, welche Lavoisier anwendete:

95 Pfund krystallisirter Rohrzucker besteht aus:

Kohlenstoff	40,4 Pfund
Wasserstoff	6,1 „
Sauerstoff	49,4 „

und liefert bei vollständiger Vergährung:

			Kohlenstoff	Wasserstoff	Sauerstoff
Alkohol . . .	51,6	bestehend aus	26,9	6,7	18,0
Kohlensäure .	49,4	„ „	13,5	—	35,9.

Wir ersehen aus ersterer 1789 veröffentlichten Darstellung, daß Lavoisier Essigsäure in so bedeutenden Mengen, wie sie nach vorstehender Analyse vorhanden sein soll, als normales Gährungsprodukt ansieht; merkwürdiger Weise scheint er erst im Verfolge seiner analytischen Untersuchungen über die Gährung zu diesem Ergebnisse gelangt zu sein, während er in früheren Versuchen die Essigsäure außerhalb der Berechnung ließ.

Wir erwähnten schon oben, daß bei Aufstellung der Gährungsgleichung durch Lavoisier der merkwürdige Umstand eintrat, daß trotz der ganz unrichtigen Analyse des Zuckers die von ihm gefundenen Mengen der Gährungsprodukte keine so großen Abweichungen von den richtigen Zahlen zeigen, als man erwarten sollte, indem sich die unrichtigen Analysen des Zuckers und Alkoholes anderseitig ziemlich genau decken. — Jedenfalls verdanken wir den Untersuchungen Lavoisier's über die Alkoholgährung die Thatsachen, daß bei dieser Art der Gährung aus dem Zucker Alkohol, Kohlensäure und Essigsäure in bestimmten Gewichtsverhältnissen gebildet werden. — Ueber die Mengen von fixer Luft (veralteter Ausdruck für Kohlensäure) lagen vor Lavoisier schon Untersuchungen von Cavendish aus

*) Kopp: Geschichte der Chemie IV. 297.

dem Jahre 1766 vor, nach welchen aus je 100 Theilen Zucker bei der Gährung 57 Theile Kohlensäure entstehen.

Interessant sind die Schlußfolgerungen, welche Lavoisier aus seinen Analysen zog; er erkannte noch nicht die Thatsache, daß bei der Vergährung des Rohrzuckers Wasser mit in die chemische Action trete und war der Ansicht, daß die nach seiner Analyse im Zucker gefundenen Mengen von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff ausreichend seien, um alle Gährungsprodukte: Alkohol, Kohlensäure und Essigsäure zu bilden. — Es sei übrigens hierbei noch bemerkt, daß Lavoisier schon so viel über die Essiggährung wußte, daß er für dieselbe die Mitwirkung des Sauerstoffes in Anspruch nahm. — Seine Anschauung über den chemischen Vorgang bei der Alkoholgährung faßte er darin zusammen, daß der Zucker ein Oxyd sei, welches bei der Gährung in ein sauerstoffreiches: Kohlensäure und in sauerstoffarmes: Alkohol gespaltet werde.

Gay-Lussac's Gährungsgleichung.

Sobald durch Lavoisier die Mittel an die Hand gegeben waren, die Zusammensetzung der organischen Körper mittels der Verbrennung zu bestimmen, fingen die Chemiker an, sich mit Eifer der analytischen Untersuchung der verschiedensten Körper zuzuwenden und waren es namentlich Thénard und Gay-Lussac, welchen wir in dieser Beziehung ungemein viel verdanken und haben diese Forscher, wie schon aus der geschichtlichen Darstellung über die Gährungserscheinungen hervorgeht, auch die Gährung zum Gegenstande eingehender Untersuchungen gemacht. Von Gay-Lussac stammt auch jene Gleichung über den bei der alkoholischen Gährung stattfindenden Vorgang her, welche bis zur Aufstellung der Pasteur'schen als die allgemein gültige angesehen wurde. Gay-Lussac stellte seine Gleichung für den Zucker im allgemeinen auf, da ihm der Unterschied, welcher in der Zusammensetzung des Rohrzuckers und des gährungsfähigen Zuckers besteht, zwar bekannt war, aber merkwürdigerweise bei Aufstellung der Gährungsgleichung nicht in Berücksichtigung gezogen wurde.

Nach dieser berühmt gewordenen Gleichung sollte sich der Zucker bei der Gährung genau in zwei Molecule Alkohol und zwei Molecule Kohlensäure zerlegen.

$$\begin{array}{lll} \text{Zucker: } C_{12}\,H_{12}\,O_{12} = & C_4\,H_6\,O_2 & \text{Alkohol} \\ & C_4\,H_6\,O_2 & \text{"} \\ & C\quad O_2 & \text{Kohlensäure.} \\ & C\quad O_2 & \text{"} \\ & C\quad O_2 & \text{"} \\ & C\quad O_2 & \text{"} \\ \hline \text{Summe} & C_{12}H_{12}O_{12} & \end{array}$$

Dies ist die Form, nach welcher die Gährungsgleichung nach der älteren Schreibweise ausgedrückt wurde und bis vor Kurzem in allen Lehrbüchern zu finden war; der neuen Schreibweise entsprechend hat sie folgende Gestalt:

Zucker	$C_6 H_{12} O_6$
Alkohol	$\begin{cases} C_2 H_6 O \\ C_2 H_6 O \end{cases}$
Kohlensäure	$\begin{cases} C O_2 \\ C O_2 \end{cases}$
Summe	$C_6 H_{12} O_6$

In Zahlen ausgedrückt ergiebt sich für diese Gährungsgleichung das nachstehende Verhältniß:

Zucker	100	geben bei der Gährung:
Alkohol	51,1	
Kohlensäure . . .	48,9	

In dieser Form erhielt sich die Gährungsgleichung Gay-Lussac's durch ein volles halbes Jahrhundert und ist dieser ungemein lange Zeitraum ein Beweis dafür, wie vielfach ein von einer Autorität ausgesprochener Satz ohne weitere Prüfung als volle Wahrheit anerkannt wird, während doch eine einfache Wiederholung des Versuches den Beweis dafür liefern konnte, daß der Satz nicht richtig sei. Es versteht sich von selbst, daß die analytischen Versuche Gay-Lussac's oft und oft wiederholt wurden. Trotzdem, daß nun kein einziger Chemiker jene Zahlen, welche sich nach der Theorie für Alkohol und Kohlensäure ergeben müßten, in Wirklichkeit fand, sondern stets zu Resultaten kam, welche geringere Zahlen ergaben, wurde dennoch diese Wahrnehmung immer auf den Versuchsfehler zurückgeführt und fanden keine weitere Beachtung, bis endlich Pasteur im Jahre 1860 zeigte, daß der Vorgang bei der Alkoholgährung keineswegs ein so einfacher sei, wie er nach der Gay-Lussac'schen Gleichung erscheint, sondern daß sich derselbe nur bei Berücksichtigung gewisser bei der Alkoholgährung stets entstehender Körper in den Rahmen einer Gleichung bringen lasse.

Die Pasteur'sche Gährungsgleichung.

Wir haben in den früheren Abschnitten den Versuch gemacht, ein Bild über die so complicirten Lebensverhältnisse der Gährungsorganismen zu geben und haben gezeigt, daß zwischen der Gährung und dem Lebensprozesse der Organismen ein untrennbarer Zusammenhang bestehe; wenn es überhaupt möglich ist, eine Gährungsgleichung aufzustellen, so muß dieselbe unbedingt noch viel complicirter sein, als jene, welche Pasteur aufgestellt hat.

Es war aber Pasteur bei Aufstellung seiner Gährungsgleichung auch nicht darum zu thun, den Gährungsvorgang durch chemische Formeln zum Ausdruck zu bringen, sondern vor allem anderen zu ergründen, was denn eigentlich bei der Gährung aus dem Zucker wird, welcher sich in der Flüssigkeit vorfindet — denn bei einer genauen Bestimmung des Alkohols und der Kohlensäure kann man sich immer die Ueberzeugung verschaffen, daß die gefundenen Mengen von Alkohol und Kohlensäure so erheblich von den der Gleichung Gay-Lussac's entsprechenden Zahlenangaben abweichen, daß es ganz unmöglich erscheint, die

Ursache für diese Unterschiede in den Beobachtungsfehlern zu suchen. Die Pasteur'schen Untersuchnngen ergaben, daß neben Alkohol und Kohlensäure aus dem Zucker stets eine zwar geringe aber dennoch sicher nachweisbare Menge von Glycerin und Bernsteinsäure entstehe. Selbst aber, wenn man die Entstehung dieser Körper in Betracht zieht, ergiebt sich, daß die Summe der Gährungsproducte nicht völlig der Gesammtmenge des in der ursprünglichen Flüssigkeit vorhanden gewesenen Zuckers entspreche und zog aus dieser Thatsache Pasteur den für die Lehre von den Ernährungsbedingungen der Gährungsorganismen hochwichtigen Schluß, daß stets ein Theil des Zuckers von der Pflanze zur Bildung ihres Leibes verwendet werde — ein Schluß, welcher offenbar die naturgemäßeste Erklärung für die Verwendung der bei der Analyse abgängigen Zuckermenge ist, welche sich denken läßt.

Pasteur stellte folgende Gleichung bezüglich der bei der Gährung des Zuckers entstehenden Verbindungen auf:

Aus 100 Theilen Zucker bilden sich:

Alkohol	48,40
Kohlensäure	46,60
Glycerin	3,30
Bernsteinsäure	0,61
Cellulose, Fett u. s. w. . .	1,20
	100,11

Es ist nicht besonders schwierig, für die Entstehung der Bernsteinsäure und des Glycerins aus dem Zucker bestimmte Gleichungen aufzustellen, welche aber nur theoretisches Interesse haben, indem wir nicht einmal den Beweis dafür liefern können, daß diese Verbindungen aus dem Zucker allein entstehen. Es kann nicht oft genug betont werden, daß bei den Gährungsorganismen viel verwickeltere Lebensverhältnisse stattfinden, als man allgemein anzunehmen geneigt ist; ebensowenig, als man bei der Ernährung des Thierkörpers eine Berechtigung dafür hat, anzunehmen, das Fett entstehe ausschließlich aus den Kohlehydraten, welche der Organismus aufnimmt, ebensowenig können wir für die Gährungsorganismen die Behauptung aufstellen, daß die stickstofffreien Körper durch Zersetzung des Zuckers allein entstanden seien, denn es liegt kein Grund dafür vor, daß letzterer unmittelbar in die betreffenden Stoffe übergeführt werde, ohne an dem physiologischen Vorgange des Wachsthums und der Ernährung der Fermentorganismen Theil genommen zu haben. Wir sind der Ansicht, daß Glycerin, Bernsteinsäure und alle stickstofffreien Gährungsprodukte eben so gut zum Theile aus stickstoffhaltigen Verbindungen hervorgegangen sein können, als sich auch in den stickstoffhaltigen Verbindungen, welche wir in den Gährungsorganismen antreffen, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff finden kann, welcher ursprünglich dem von dem Gährungsorganismus aufgenommenen Zucker angehörte.

Wir dürfen bei der Betrachtung der Gährungsorganismen nicht vergessen, daß dieselben gleichzeitig Zucker, Salze und stickstoffhaltige Nahrung aufnehmen; in welcher Weise aber diese verschiedenartigen Körper umgesetzt werden, bis sie endlich in Form von Ausscheidungsstoffen — und für solche müssen wir alle

Gährungsprodukte höchst wahrscheinlich halten — zur Ausscheidung kommen — darüber gegenwärtig ein Urtheil fällen zu wollen, wäre sehr verfrüht; es bedarf noch mancher eingehender Untersuchungen, bevor wir dahin gelangen, den Lebensprozeß der Gährungsorganismen in solcher Weise zu erklären, daß uns nicht jeden Augenblick Fragen entgegentreten, welche kategorisch ihre Lösung fordern, wenn überhaupt das als richtig angenommene einen den Werth einer Hypothese übersteigenden Werth erlangen soll.

Es fällt übrigens keinem Chemiker, welcher sich ernstlich mit dem Studium der Lebenserscheinungen der Fermente beschäftigt hat, ein, die Lösung der Frage über die Gährungsprodukte durch Aufstellung einer chemischen Gleichung finden zu wollen; wenn Pasteur versucht hat, solche Gleichungen aufzustellen, so geschah dies gewiß nur mit der Absicht zu zeigen, in welcher Weise überhaupt die Umsetzung des Zuckers in die Gährungsprodukte erfolgen könne, ohne jedoch diese Möglichkeit als eine Thatsache hinzustellen. Wir finden vielmehr in den Angaben Pasteur's ganz deutlich, daß er das Glycerin und die Bernsteinsäure nur als zwei unter den vielen Produkten ansieht, welche bei der alkoholischen Gährung entstehen. Wir verdankem diesem — namentlich, was die Lösung rein chemischer Fragen anlangt, höchst exacten Forscher — manche schätzenswerthe Angabe über die Produkte, welche sich neben Glycerin und Bernsteinsäure bei der alkoholischen Gährung bilden. Pasteur macht selbst auf den Umstand aufmerksam, daß bei dem Versuche das Glycerin und die Bernsteinsäure, welche sich bei einer Alkoholgährung gebildet haben, in reinem Zustande darzustellen, stets stickstoffhaltige Substanz gewonnen wird — während die ursprüngliche Flüssigkeit keinen Stickstoff enthielt. Wir wissen aus der Darstellung der Lebensverhältnisse der Gährungsorganismen, daß wir diese stickstoffhaltige Substanz als eines der Ausscheidungsprodukte des Organismus zu betrachten haben, und haben die neuesten Untersuchungen Nägeli's gezeigt, daß diese Ausscheidungsprodukte Verbindungen sind, welche eine ziemlich einfache Zusammensetzung haben und zu der Reihe der absteigend zusammengesetzten Produkte gehören. (Unter absteigenden Produkten verstehen wir immer solche, welche eine weniger complicirte Zusammensetzung besitzen, als die höchstzusammengesetzten Verbindungen, welche wir überhaupt kennen. Für die stickstoffhaltigen Körper insbesondere müssen wir jene Produkte, welche wir als Proteïnate bezeichnen, als die höchststehenden bezeichnen und alle Stickstoffverbindungen, welche aus diesen hervorgehen können, als absteigende oder Zerfallprodukte betrachten.)

Gährungsgleichungen, welche das Entstehen des Glycerins und der Bernsteinsäure versinnlichen.

Wie sich aus dem Vorstehenden ergiebt, legen wir geringen Werth auf die Gleichungen, welche man aufgestellt hat, um die Entstehung gewisser Gährungsprodukte zu erklären, und führen nur der Vollständigkeit wegen einige dieser Gleichungen an. Wir können uns die Entstehung des Glycerins und der Bernsteinsäure bei der alkoholischen Gährung durch folgenden Prozeß bewirkt denken:

Wir addiren zuvörderst die Formeln des Glycerins und der Bernsteinsäure und erhalten als Summe einen Körper, welcher seiner Zusammensetzung nach den sogenannten Kohlehydraten entspricht:

$$\begin{array}{ll} \text{Glycerin} \ldots\ldots & C_3\,H_8\,O_3 \\ \text{Bernsteinsäure} \ldots & C_4\,H_6\,O_4 \\ \hline & C_7\,H_{14}\,O_7 \end{array}$$

Man kann nun annehmen, daß sich der nach dem Bilde der Kohlehydrate constituirte Körper direct in Glycerin und Bernsteinsäure spaltet, oder man kann sich auch die Entstehung der beiden Körper auf mehrfache Weise erklären. Nachstehend zwei Beispiele solcher Zersetzungen:

$$\begin{array}{rl} C_7\,H_{14}\,O_7 & \text{Kohlehydrat} \\ +\ H_2\,O & \text{Wasser} \\ \text{liefert } 2\,(C_6\,H_8\,O_3) & \text{Glycerin} \\ +\ C\,O_2 & \text{Kohlensäure.} \end{array}$$

Wenn der Vorgang der Glycerinbildung nach diesem Schema stattfindet, so muß das Kohlehydrat Wasser aufnehmen (ähnlich wie der Rohrzucker, wenn er in gährungsfähigen Zucker übergeht) und zerfällt dann direct in Glycerin und Kohlensäure. Die Erklärung der Bildung des Glycerins auf diese Art setzt aber voraus, daß sich zuerst bei der Gährung viel mehr Bernsteinsäure bilde, als thatsächlich entsteht, sich mit dem Glycerin zu einer neuen Verbindung vereinigt — dem hypothetischen Kohlehydrat, welches schließlich zu Glycerin vergährt, — eine Annahme, die sehr wenig Wahrscheinlichkeit besitzt.

Nach einem anderen Schema kann man die Entstehung beider Körper besser auf die Weise erklären, daß 4 Moleküle Zucker und 3 Moleküle Wasser in 1 Molekül Bernsteinsäure, 6 Glycerin= und 2 Kohlensäuremoleküle zerfallen, wobei 1 Sauerstoffatom im Ueberschuß bleibt, welches wohl rasch von dem Gährungsorganismus verzehrt werden kann:

$$4\,(C_6\,H_{12}\,O_6) + 3\,(H_2\,O) = C_4\,H_6\,O_4 + 6\,(C_3\,H_8\,O_3) + 2\,(C\,O_2) + O.$$

Diese zwar ebenfalls nur als Hypothese hinzunehmende Gleichung hat den Vortheil für sich, daß sie einerseits das zwischen der Menge des Glycerins und der Bernsteinsäure waltende Verhältniß ziemlich deutlich zur Anschauung bringt — im Großen und Ganzen genommen kann man annehmen, daß nach den Pasteur'schen Angaben dieses Verhältniß 6 : 1 ist, und daß sie uns einen Fingerzeig dafür giebt, woher die Gährungsorganismen ihren Sauerstoffbedarf ziehen.

Pasteur hat für die Erklärung der Entstehung des Glycerins und der Bernsteinsäure aus dem Zucker complicirtere Gleichungen aufgestellt, welche wir füglich hier übergehen können.

Von weit größerer Bedeutung für die Praxis der Gährungserscheinungen sind uns die Mengen, in welchen sich die einzelnen Gährungsprodukte bilden, indem ja von denselben wesentlich die Beschaffenheit der vergohrenen Flüssigkeit abhängig ist. In dieser Beziehung ist es ganz besonders der Wein, der uns hochinteressante Daten über die Mengen der einzelnen Gährungsprodukte liefert. Den Angaben Pasteur's zufolge schwanken die Glycerinmengen, welche sich aus

vergohrenen Flüssigkeiten darstellen lassen, zwischen 2, 5 und 3,6 Percent und jene der Bernsteinsäure zwischen 0,4 und 0,7 Percent. Es fragt sich nun: welche sind die näheren Bedingungen, unter denen eine größere oder geringere Menge dieser beiden Verbindungen gebildet wird? Pasteur gelangte in Folge seiner Arbeiten zu dem Schlusse, daß der langsame Verlauf einer Gährung die Entstehung größerer Glycerinmengen wesentlich begünstige, indem er in alten Weinen immer beträchtlichere Mengen dieser Verbindungen fand, als in Flüssigkeiten, welche eine rasche Gährung durchgemacht haben. Wenn dieses wirklich der Fall ist, so müssen wir uns die Entstehung des Glycerins und der Bernsteinsäure hauptsächlich durch jene Fermente bedingt denken, welche bei den sogenannten Nachgährungen auftreten, denn nach vielen Beobachtungen sind gerade die Weine aus südlichen Ländern, in welchen der höheren Temperatur wegen die Hauptgährung der Weine sehr stürmisch verläuft, reicher an Glycerin als jene der kälteren Länder.

Die eben gemachte Annahme paßt aber sowohl in den Rahmen der Thätigkeit der Nachgährungsfermente, als in jenen der chemischen Vorgänge, welche bei der Entstehung des Glycerins — wir wollen vorerst von dieser sprechen — verlaufen. Die Summe von chemischer Arbeit, welche das Ferment bei der Umsetzung des Zuckers in Glycerin und Bernsteinsäure zu leisten hat, ist wegen des höheren Atomgewichtes, welches diese Verbindungen im Vergleiche mit jenem des Alkohols und der Kohlensäure besitzen, eine geringere, als jene, welche die Zerlegung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure erfordert und kann auch durch das minder energisch wirkende Nachgährungsferment in höherem Maße bewirkt werden als durch das auch bei höherer Temperatur wirkende Ferment der Hauptgährung. Wenn wir auf die vorstehend angeführte Gleichung weiter Bezug nehmen wollten, so könnten wir auch annehmen, daß nach Verlauf der Hauptgährung in dem Weine ganz besonders noch jenes Glucosid enthalten sei, welches der Theorie nach direkt in Glycerin und Bernsteinsäure zerfallen kann — oder wir können uns denken, daß die geringen Mengen von Zucker, welche sich nach der Hauptgährung noch in dem Weine vorfinden, nicht mehr in Alkohol und Kohlensäure, sondern in Bernsteinsäure und Glycerin zerfallen.

Essigsäure als Produkt der Alkoholgährung.

Ein Gährungsprodukt, welches zwar stets in sehr geringen Mengen als ein Produkt der Alkoholfermente — aber in allen Fällen als solches auftritt, ist die Essigsäure. Das Vorhandensein der Essigsäure in solchen Flüssigkeiten, deren Alkoholgährung unter Anwendung der größten Vorsichtsmaßregeln vor sich ging, welche man nur ersinnen kann, ist wohl der deutlichste Beweis dafür, daß diese Verbindung mit zu den regelmäßig auftretenden Produkten der Alkoholgährungsfermente gehört. Es hat sich bei derartigen Versuchen gezeigt, daß beiläufig ein halbes Percent der in der Flüssigkeit vorhandenen Zuckermenge in Essigsäure verwandelt wird und entsprechen dieser Zahl auch die Mengen von Essigsäure, welche ich auf Grund zahlreicher Analysen für Wein ermittelt habe; im gesunden

Weine finden sich beiläufig zwischen 0,3 und 0,4 Percent Essigsäure vor. Ich will übrigens hierzu gleich bemerken, daß ich der Ansicht bin, daß diese Menge von Essigsäure, welche wir im Weine antreffen, weniger ihre Entstehung dem Zucker verdankt, sondern vielmehr durch eine Zerlegung der im Moste enthaltenen organischen Säuren zu erklären ist. Es hat sich mir nämlich in vielen Fällen gezeigt, daß in sehr alten Weinen die Menge der Weinsäure eine Einbuße erlitten hat und hingegen die Menge der Essigsäure etwas größer geworden ist, was sich wohl dadurch erklären läßt, daß auf dem Weine, der keinen Zucker mehr enthielt, die Essigbacterien in sehr geringer Zahl gewirkt und neben einer unbestimmbaren Menge von Alkohol auch eine kleine Menge von Weinsäure zersetzt haben. Ich kann an dieser Stelle auch nicht unterlassen, anzuführen, daß die Entstehung von Essigsäure — im Weine wenigstens, wenn sie über die eben angegebenen sehr geringen Mengen hinausgeht, das sicherste Kennzeichen dafür ist, daß in dem Weine fremde Fermente zu wuchern beginnen. Man kann durch Bestimmen des Zeitpunktes, in welchem in einem Weine die Vermehrung der Essigsäure beginnt, mit Sicherheit sagen, daß derselbe erkrankt sei, wenn es auch in diesem Momente noch nicht gelungen ist, das Krankheitsferment nachzuweisen.

In der Praxis der Gährungsgewerbe macht man nicht selten die Wahrnehmung, daß sich in der Flüssigkeit, welche man der alkoholischen Gährung unterzog, viel bedeutendere Mengen von Essigsäure vorfinden, als den angegebenen Zahlen entspricht; in diesem Falle ist aber die größere Menge der Essigsäure nicht auf Rechnung des Alkoholfermentes zu setzen, sondern bestimmt der Thätigkeit des gewöhnlichen Essigfermentes zuzuschreiben. Man braucht nur etwas von dem sogenannten Hute, welcher aus gährenden Rothweinmaischen emporgetrieben wird, mikroskopisch zu untersuchen, so wird man neben dem Alkoholferment in demselben auch sicher die Organismen antreffen, welche die Essiggährung veranlassen; in Flüssigkeiten, welche schon bei Beginn der Gährung von Sauerstoff abgeschlossen wurden oder so geringe Temperaturen hatten, daß das Essigferment nicht zur Ausbildung gelangen konnte, zeigt sich immer nur der normale Gehalt an Essigsäure, welchen wir der Thätigkeit des Alkoholfermentes selbst zuschreiben müssen.

Die Fuselöle.

Wir finden in vergohrenen Flüssigkeiten neben den schon mehrfach aufgezählten Gährungsprodukten (die stickstoffhaltigen Substanzen gehören im weiteren Sinne auch zu diesen) gewöhnlich noch Verbindungen, welche gewissermaßen durch eine Vergährung des Fettes entstanden sein können, und sind hierher ganz besonders die sogenannten Fuselöle zu rechnen. Die Fuselöle bestehen fast ausnahmslos aus freien fetten Säuren oder Verbindungen derselben mit Alkoholradikalen (— das sind die sogenannten zusammengesetzten Aether —). Wenn wir die vielfach beliebte Annahme festhalten wollen, die Entstehung der Gährungsprodukte auf dem einfachsten und den genauer studirten Prozessen möglich an=

gepaßten Wege anzunehmen, so haben wir wohl die Berechtigung, die Entstehung dieser Fettsäuren oder der Aether derselben aus dem Fette, welches sich in den Fermentorganismen oder der ursprünglich zur Vergährung gelangenden Flüssigkeit vorfindet, abzuleiten. Es giebt aber wohl kaum einen Chemiker, welcher nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens kühn genug sein wollte, das Entstehen der großen Reihen von fetten Säuren, die wir bis nun in den Gährungsprodukten der Alkoholfermente nachgewiesen finden, durch eine Reihe chemischer Gleichungen erklären zu wollen.

Es ist eine bekannte Sache, daß gerade die Entstehung dieser Produkte, welche für die Eigenschaften des bei einer gewissen Gährung entstehenden Alkoholes sehr charakteristisch sind, immer nur unter bestimmten Verhältnissen stattfindet; wir sehen z. B. daß bei der Gährung von Traubenmost immer jene Produkte entstehen, welche wir unter dem Namen des Oenanthäthers zusammenfassen — daß sich bei der Gährung von Kartoffelmaischen ebenso gut ganz bestimmte Fuselöle bilden, wie bei Gährung von Getreidemaischen und daß so ziemlich jedem Rohmateriale die Entstehung eines bestimmten Fuselöles entspricht. Wir können namentlich in den Fällen, in welchen die Vergährung der Maischen stets durch das gleiche Ferment und unter den gleichen Temperaturverhältnissen stattfindet — wie dies bei den Branntweinmaischen mit geringen Abweichungen immer der Fall ist, doch nur annehmen, daß die besonderen Eigenschaften der zu vergährenden Flüssigkeit die Entstehung gewisser Gährungsprodukte veranlassen, und müssen wir daher wohl annehmen, daß die Gährungsprodukte in Bezug auf Qualität und Quantität nur dann die gleichen sein werden, wenn die Gährung in der gleichen Nährflüssigkeit bei der gleichen Temperatur und durch das gleiche Ferment veranlaßt wird.

Das beste Beispiel für die Richtigkeit dieses Satzes finden wir an dem Weinmoste. Weine aus einer und derselben Gegend zeigen, so verschieden die Jahrgänge auch sein mögen, dennoch immer ein ziemlich gleiches Bouquet, welches sie der Gegenwart bestimmter Gährungsprodukte verdanken, und ergiebt sich hieraus die Gültigkeit des Gesetzes, daß in Nährflüssigkeiten von gleicher Beschaffenheit, welche unter sonst gleichen Verhältnissen vergähren, immer die nämlichen Gährungsprodukte gebildet werden. Wenn wir aber Weine aus demselben Weingarten aber aus verschiedenen Jahrgängen mit einander vergleichen, so zeigen sich deutlich Unterschiede in der Art des Bouquets — Unterschiede, welche durch die verschieden große Menge von Zucker und Säure bedingt werden, welche sich in den Mosten aus verschiedenen Jahrgängen vorfinden.

Die Frage über die Natur jener Gährungsprodukte, welche wir in den gegohrenen Flüssigkeiten als die sogenannten Bouquetstoffe antreffen, liegt noch in tiefes Dunkel gehüllt — wir können bezüglich derselben nur darauf hinweisen, daß von der Art der Ernährung des Fermentes auch die Entstehung derselben abhängig ist. Wenn wir die Zusammensetzung eines Weinmostes mit absoluter Genauigkeit kennen würden und im Stande wären, die betreffenden Verbindungen auf künstlichem Wege darzustellen, so ist gar nicht daran zu zweifeln, daß wir in diesem Falle auch Wein auf künstlichem Wege darstellen könnten, der sich in

nichts von dem natürlichen unterscheidet, indem dieselben Verbindungen in Berührung mit demselben Gährungsorganismus auch dieselben Gährungsprodukte liefern müssen. Grade aber in der Unkenntniß dieser Verbindungen liegt der größte Schutz der Weinindustrie gegen die Darstellung des Weines auf künstlichem Wege . . . alles, was in dieser Richtung dargestellt werden kann, bildet höchst unvollkommene Nachahmungen der durch das Walten der Naturkräfte entstandenen Producte.

Die Zusammensetzung der Fuselöle.

Die Wichtigkeit, welche die Fuselöle als Gährungsprodukte besitzen, veranlaßt die Chemiker schon seit geraumer Zeit, die nähere Zusammensetzung dieser Körper zu ermitteln; bei manchen Fuselölen stellt sich jedoch der chemischen Untersuchung eine bedeutende Schwierigkeit entgegen, welche in der ungemein geringen Menge des Produktes lag, welches dem Analytiker zur Verfügung stand. Erst im Jahre 1836 wurde durch Liebig und Pelouze das specifische in jedem Weine (im besten und im geringsten) vorkommende Fuselöl näher untersucht. So klein nun auch die Mengen der zu den Fuselölen zu rechnenden Körper sind, welche bei der Vergährung gewisser Flüssigkeiten entstehen, so müssen wir denselben doch große Aufmerksamkeit zuwenden, weil sie, wie gesagt, dem aus verschiedenen Körpern entstehenden Alkohol gleichsam den Stempel seiner Abstammung aufdrücken. In chemischer Beziehung bestehen die sogenannten Fuselöle aus einer großen Reihe sehr verschiedenartig zusammengesetzter Körper und lassen sich dieselben vorzugsweise in drei Gruppen eintheilen und zwar:

in Alkohole,
in zusammengesetzte Aether,
in freie Säuren.

Was die Gruppe der Alkohole betrifft, so sind unter denselben ganz besonders der Amylalkohol $C_5 H_{12} O$ und der Oenanthalkohol $C_7 H_{16} O$ hervorzuheben; der erstere bildet den Hauptbestandtheil des Kartoffelfuselöles, letzterer tritt sehr gewöhnlich unter den Fuselölen auf, welche sich bei der Gährung von Getreidemaischen und Fruchtsäften ergeben; im Weine, dessen Fuselöle ziemlich eingehend studirt sind, findet sich Oenanthalkohol vor, aber höchst wahrscheinlich nicht im freien Zustande, wie dies mit dem Amylalkohol der Fall ist, sondern nur an Säuren gebunden, welche in die Gruppe der sogenannten fetten Säuren zu rechnen sind. Diese Verbindungen — zu den sogenannten zusammengesetzten Aethern gehörig, machen — beim Weine wenigstens die Hauptmasse des Fuselöles aus und bestehen, so weit die vorliegenden Untersuchungen reichen, aus caprinsaurem und caprylsaurem Amyläther — mitunter auch nur aus caprinsaurem Amyläther — dem wohl auch noch in geringen Mengen andere Aether beigemengt sind.

Unter den Fuselölen befinden sich aber auch ganz bestimmt freie Säuren aus der Reihe der sogenannten Fettsäuren und haben wir diese freien Fettsäuren in

großer Menge in dem sogenannten Weinöle nachgewiesen, welches bei der Destillation frischer Weinhefe gewonnen wird. Sowohl die Alkohole, als die freien oder gebundenen Fettsäuren müssen als Produkte der Fermentorganismen angesehen werden, welche aber meines Erachtens höchst wahrscheinlich nicht aus dem Zucker entstehen, sondern unmittelbar als Gährungsprodukte der Fette, welche sich in den zur Gährung verwendeten Rohstoffen vorfinden, anzusehen sind. Wir wissen, daß die Fette in gewissem Sinne gährungsfähig sind und können uns denken, daß eine Spaltung der Fette in der Weise stattfindet, daß Glycerin in Freiheit gesetzt wird und die frei werdenden Fettsäuren entweder weitere Zersetzungen erleiden oder mit den Alkoholen im Entstehungsmomente der letzteren zu zusammengesetzten Aethern vereinigen — Vorgänge, welche sich recht wohl innerhalb des Rahmens der normalen Thätigkeit der Alkoholfermente vorgehend denken lassen.

Nach gewissen Ansichten sollen sich die Fuselöle, namentlich die zusammengesetzten Aether und die freien Fettsäuren hauptsächlich in dem Momente bilden, in welchem die Fermentorganismen schon ihre Vergähr-Thätigkeit (das ist die Zerlegung des Zuckers) aufgegeben haben und sich im Zustande des Verfalles befinden. Eine Stütze dieser Ansicht liegt darin, daß wir bei der Faulniß der Hefe das Auftreten einer Menge von Verbindungen wahrnehmen, welche mit den Fuselölen in unverkennbarer Beziehung stehen. Dieser Ansicht läßt sich aber die Thatsache gegenüber halten, daß auch bei sehr rasch verlaufenden Gährungen, wie sie z. B. bei der Fabrikation des Branntweines stattfinden, immer Fuselöle in bedeutenden Mengen gebildet werden und sich hierbei nicht gut annehmen läßt, daß die auch nicht mehr als Alkoholferment wirkende Hefe Zeit habe, die vielen chemischen Processe hervorzurufen, welche bei der Bildung der Fuselöle vor sich gehen. In Flüssigkeiten, welche lange mit der Hefe in Berührung bleiben und welche lange Nachgährung durchzumachen haben, wie dies z. B. beim Weine der Fall ist, lassen sich derartige Wirkungen der Hefe hingegen allerdings denken und liegt vielleicht das Richtige in der Annahme, daß sowohl die vergährend wirkende Hefe, als auch jene, welche entweder schon ihre vergährende Wirkung beendet hat oder überhaupt keinen gährungsfähigen Zucker mehr vorfindet, zur Bildung der Fuselöle beiträgt.

Die Bedingungen, unter welchen die Fuselöle gebildet werden, sind bis nun noch gar nicht näher bekannt; die Mannigfaltigkeit der Produkte, welche wir unter den Fuselölen vorfinden, zeigt uns aber auf das deutlichste, daß wir noch weit davon entfernt sind, die chemischen und physiologischen Vorgänge, welche bei der Gährung statthaben, zu kennen.

Zucker als Gährungsprodukt.

In gewissem Sinne müssen wir auch den Zucker selbst als ein Gährungsprodukt ansehen, indem nur gewissen Zuckerarten die Fähigkeit zukommt, in Alkoholgährung überzugehen und die Umsetzung des nichtgährungsfähigen Zuckers in gährungsfähigen durch den aus der Hefe abscheidbaren Körper, das sogenannte

Invertin erfolgt. Die Wirkung des Invertins auf den Rohrzucker geschieht in der Weise, daß letzterer durch Wasser in gährungsfähigen Zucker, den man seiner Wirkung auf das polarisirte Licht wegen mit dem Namen Dextrose und Levulose bezeichnet hat, übergeführt wird. Bekanntlich finden wir diese beiden Zuckerarten in den meisten Früchten, in welchen sich in einem gewissen Entwickelungszustande Rohrzucker nachweisen läßt, gegen die Periode der vollkommenen Reife fast ausschließlich vor und können wir uns in diesem Falle die Inversion des Rohrzuckers in zweifacher Art erklären; entweder durch die Wirkung der Säuren (diesen kommt auch die Fähigkeit der Inversion zu) oder indem wir annehmen, daß sich in der lebenden Pflanzenzelle ebenfalls ein Körper bilde, welcher Eigenschaften besitzt, die jenen des Invertins ähnlich sind.

Der Milchzucker vermag nicht direct in Alkoholgährung übergeführt zu werden; es ist aber möglich, denselben in diese zu versetzen, wenn die Flüssigkeit eine geringe Menge von freier Milchsäure enthält; nach der Analogie zu schließen, findet eine Inversion des Milchzuckers in dem Sinne statt, daß sich aus demselben ein gährungsfähiger Zucker (Lactose) bildet, welcher durch Alkoholfermente direct in Gährung gesetzt werden kann.

Dextrose und Levulose.

Der Vorgang, welcher bei der Inversion des Rohrzuckers stattfindet, läßt sich durch nachstehende Gleichung versinnlichen:

$$\text{Rohrzucker} = C_{12}\,H_{22}\,O_{11}$$
$$+\ H_2\ O$$
$$\overline{C_{12}\,H_{24}\,O_{12}.}$$

$$C_{12}\,H_{24}\,O_{12} = \underbrace{C_6\,H_{12}\,O_6}_{\text{Dextrose.}} + \underbrace{C_6\,H_{12}\,O_6}_{\text{Levulose.}}$$

Die Eigenschaften der beiden Zuckerarten Dextrose und Levulose sind sowohl in chemischer als in physikalischer Beziehung ziemlich weit von einander abweichend. Die Dextrose ist ein fast nie fehlender Bestandtheil aller süßen Früchte, sie findet sich aber auch im Thierkörper vor und tritt bei gewissen Krankheiten, wie z. B. bei der Zuckerruhr auf. Reine Dextrose erscheint in Gestalt von unregelmäßigen körnigen Massen, welche weniger süß schmecken als Rohrzucker. Die harten Krystallmassen, welche sich aus altem Honig abscheiden, bestehen aus Dextrose. Wie der Name andeutet, lenkt dieser Körper die Polarisationsebene nach rechts ab; merkwürdiger Weise zeigt aber eine frisch dargestellte Lösung von Dextrose ein mit der Zeit wechselndes Drehungsvermögen; erst nach längerem Stehen der Lösung wird dasselbe constant.

Die Levulose unterscheidet sich von der Dextrose schon sehr wesentlich dadurch, daß sie nicht krystallisirt; Honig, welcher durch sehr lange Zeit gestanden hat, scheidet sich bekanntlich in die vorerwähnten Krystallmassen und in eine sehr dickflüssige Masse von intensiv süßem Geschmacke, welche beinahe ganz aus einer hoch concentrirten Lösung von Levulose besteht. Diese Zuckerart dreht die Polari=

sationsebene nach links. In chemischer Beziehung unterscheidet sie sich sehr wesentlich von der Dextrose dadurch, daß sie mit Kalk eine Verbindung liefert, welche fest ist, während jene der Dextrose mit dem Kalk flüssig ist und durch Abpressen der Masse entfernt werden kann. Wenn man den Levulosekalk mit Oxalsäure zerlegt, so erhält man Levulose in ganz reinem Zustande und kann die Lösung derselben durch Abdampfen zu einem dickflüssigen Syrup concentriren, dessen Geschmack von einer ungemein großen Intensität bezüglich der Süßigkeit ist.

Von ganz besonderem Interesse für die bei der Alkoholgährung stattfindenden Vorgänge ist aber das Verhalten dieser beiden Zuckerarten den Fermenten gegenüber; beide sind, wie erwähnt, gährungsfähig; die Dextrose ist aber jene Zuckerart, welche weit rascher vergährt, so daß wir in einer gährenden Flüssigkeit anfangs ganz deutlich eine stärkere Abnahme der Dextrose im Vergleiche mit jener der Levulose wahrnehmen können. Um diese Erscheinung mit Bezug auf die Fermente selbst zu erklären, finden wir wieder zwei Wege: entweder besitzt die Dextrose eine solche Zusammensetzung, daß sie in Vergleich mit der Levulose nur schwierig zersetzt werden kann, d. h. der chemische Bestand dieser Verbindungen ist ein festerer — oder die Levulose bildet an und für sich ein schlechteres Nahrungsmittel für die Alkoholfermente.

Wir sehen aus diesem Verhalten, welch' geringe Bedeutung wir unseren chemischen Formeln im Allgemeinen beimessen dürfen; die Umsetzung des Zuckers in Dextrose und Levulose läßt sich auf anscheinend ganz einfache Weise nach dem oben angegebenen Schema erklären, und enthalten beide Arten des Zuckers genau die gleiche Anzahl von Atomen der betreffenden Elemente . . . Es ist aber nicht zu zweifeln, daß bezüglich der Lagerung der Atome in denselben eine weit gehende Verschiedenheit herrscht, indem wir nicht nur verschiedene Eigenschaften bezüglich des optischen und chemischen Verhaltens constatiren können, sondern — was für uns eigentlich viel mehr gilt, auch bezüglich des physiologischen Verhaltens solche nachzuweisen im Stande sind.

Wenn wir uns fragen: wie verläuft denn die Gährung in einer Flüssigkeit, welche Rohrzucker enthält, im Vergleiche mit einer solchen, in der sich schon Zucker vorfindet, der unmittelbar in Alkoholgährung überzugehen im Stande ist? so sind wir leider nicht in der Lage, diese Frage in jener Weise zu beantworten, wie naturwissentschaftliche Fragen immer beantwortet werden sollen — nämlich an der Hand der durch Versuche festgestellten Thatsachen . . . So viel uns bekannt ist, hat sich noch kein Forscher mit dieser gewiß hochinteressanten Frage eingehend beschäftigt, und bleibt uns daher an dieser Stelle nicht anderes übrig, als einige Vermuthungen über den Verlauf des Gährungsvorganges in diesen Fällen auszusprechen, welche aber möglicher Weise völlig unrichtig sein können.

Setzen wir zuerst den Fall, daß wir eine Flüssigkeit vor uns haben, welche Rohrzucker enthält, so wird das Alkoholferment, welches in die Flüssigkeit gebracht wird, sich vorerst direct von dem Rohrzucker nähren und hauptsächlich Invertin produziren müssen, welche Produktion nothwendiger Weise so lange anzudauern haben wird, als noch unveränderter Rohrzucker vorhanden ist; erst nachdem aller Rohrzucker in gährungsfähigen Zucker übergegangen sein wird, kann sich das

Ferment seiner eigentlichen Thätigkeit: Zucker in Alkohol umzusetzen, zuwenden, und wird daher in Folge der Umsetzung des Rohrzuckers in gährungsfähigen Zucker stets eine gewisse Summe von Kraft benöthigt werden, so daß wir zu dem Schluß kommen müssen: es sei eine größere Menge von Alkoholferment erforderlich, um eine bestimmte Menge von Rohrzucker völlig zu vergähren als erforderlich ist, um eine gleiche Gewichtsmenge von gährungsfähigen Zucker in die Produkte der Alkoholgährung überzuführen. Es läßt sich aber dieser Frage noch eine andere Seite abgewinnen, welche in Bezug auf die physiologischen Functionen der Gährungsorganismen gewiß ein bedeutendes Interesse darbietet. Gesetzt, wir haben eine Flüssigkeit vor uns, welche keinen Rohrzucker, sondern nur solchen Zucker enthält, welcher direkt gährungsfähig ist, so ergiebt sich hieraus, daß die Gegenwart des Invertins in dieser Flüssigkeit nutzlos ist; es steht demnach zu erwarten, daß die stickstoffhaltige Substanz, welche bisher in Form von Invertin gewirkt hat, sich in eine andere umsetzen werde, der eine anderweitige Function im Lebensprozesse der Fermente zufällt; jedenfalls wird ein gewisses Kraftquantum erspart, und findet dieses vielleicht seinen Ausdruck in einer erhöhten Gährungsintensität oder in einer Vermehrung der Production neuer Fermentzellen — oder was eigentlich die Consequenz aus den beiden Erscheinungen wäre, in einem rascheren Verlaufe des Gährungsprozesses überhaupt.

Die Frage nach der Inversion des Rohrzuckers hat übrigens nur Bedeutung bei jenen Gährungen, in welchen es sich um die Vergährung solcher Flüssigkeiten handelt, welche Rohrzucker enthalten — ein Vorkommen, welches zu den ziemlich seltenen in der Technik der Gährungsgewerbe gehört, dessen wir aber dennoch Erwähnung thun mußten, weil es uns zeigt, wie verschieden die Verhältnisse in den zu vergährenden Flüssigkeiten sein können, wie ungemein unvollkommen unsere Kenntnisse über die Gährungserscheinungen im Allgemeinen genannt werden müssen.

Die vergährende Kraft der verschiedenen Alkoholfermente.

Wir haben schon an mehreren Stellen dieses Werkes darauf hingewiesen, daß die verschiedenen Organismen, welche wir als die eigentlichen Alkoholfermente ansehen können, sehr wechselnde Mengen von Alkohol produziren, und daß diese Mengen durchaus nicht bei den verschiedenen Organismen dieselben sind. In dieser Beziehung sind es ganz besonders die Saccharomycesarten, welche unsere ganz besondere Aufmerksamkeit verdienen — denn die übrigen Alkoholfermente, welche gewissermaßen sehr gegen ihre Lebensgewohnheiten zu Alkoholfermenten werden — wie die Mucorarten und Saccharomyces Mycoderma, haben für die Alkoholgährung im technischen Sinne des Wortes wohl gar keine Bedeutung, denn auch bei den sogenannten freiwilligen Gährungen, welche uns bei der Gährung des Weinmostes, der Fruchtsäfte und der sogenannten selbstgährigen Biere entgegentreten, finden wir, daß es immer Alkoholfermente in der eigentlichen Bedeutung des Wortes sind, welche in der Flüssigkeit zur Entwickelung gelangen. Was nun die beiden wichtigsten unter den Alkoholfermenten anlangt, die beiden Species Saccharomyces cerevisiae und ellypsoideus, so scheinen dieselben

jene zu sein, welche die größte vergährend wirkende Kraft besitzen, und dürfte namentlich dem ersteren eine noch größere vergährende Wirkung zukommen, als dem letzteren, indem Saccharomyces cerevisiae durch unzählige Generationen hindurch in den Branntweinbrennereien dazu erzogen wurde, möglichst concentrirte Zuckerlösungen zu vergähren. Jenes Ferment, welches bei der Gährung des Weinmostes thätig ist (fast immer Saccharomyces ellypsoideus), scheint eine etwas geringere vergährende Kraft zu haben, als das vorgenannte, denn wir finden, daß der Alkoholgehalt in keinem echten (das heißt nicht absichtlich mit Alkohol versetztem) Weine höher liegt als etwa 15 Percente — ein Alkoholgehalt, der in runder Summe einem ursprünglichen Zuckergehalt des Mostes von 30 Percent entspricht.

Die Nachgährungsfermente.

Selbst, wenn man den Zuckergehalt eines Weinmostes noch über die Grenze von 30 Percent erhöht, gelingt es nicht, den Alkoholgehalt des Weines über das angegebene Maß zu steigern — so daß sich wohl aussprechen läßt, daß schon die Gegenwart der eben genannten Alkoholmenge hinreichend sei, um den weiteren Gährungsvorgang zu hemmen. Ein Umstand spricht aber dafür, daß sogar Saccharomyces cerevisiae und ellypsoideus überhaupt nicht zu jenen Fermenten gehören, welche in Flüssigkeiten zu leben vermögen, die schon eine größere Menge von Alkohol enthalten; es ist dies die Thatsache, daß diese Fermente in ein gewisses Gährungsstadium zurücktreten und anderen Platz machen, durch welche die Gährung vollendet wird, und welche man deshalb wohl auch als Nachgährungsfermente bezeichnen kann. Wir finden bezüglich dieser Frage wiederum Anhaltspunkte bei der Gährung des Weinmostes und zwar ganz besonders darum, weil dieser jene Flüssigkeit ist, bei welcher sich der ganze Gährungsverlauf innerhalb der natürlichen Grenzen vollzieht und keine absichtliche Störung erleidet, wie eine solche bei manchen anderen Gährungsvorgängen mit Berücksichtigung des technischen Zweckes nothwendig erscheint.

Zu jenen Fermenten, welche besonders häufig als Nachgährungsfermente auftreten, gehören Saccharomyces pastorianus und exiguus und verlangen dieselben offenbar ganz andere Ernährungsbedingungen als jene, welchen der Hauptheil der chemisch-physiologischen Thätigkeit bei der Gährung zufällt. Wenn das Ferment der Hauptgährung eine Zeit lang gewirkt hat, so liegen die Ernährungsbedingungen für die Organismen offenbar ganz anders, als zu Anfang der Gährung; während im ersten Stadium der Gährung die Lebensbedingungen für die Gährungsorganismen die besten waren, die in der betreffenden Nährflüssigkeit überhaupt möglich erscheinen, ändern sich dieselben mit dem Fortschreiten der Gährung zum Nachtheile dieser Organismen, indem sich die Menge jener Stoffe, von denen sich die Organismen ernähren, beständig vermindert und hierfür solche Stoffe, welche wir als Auswurfsstoffe letzterer annehmen müssen, immer häufiger werden. . . . Es müssen endlich Bedingungen eintreten, welche die weitere Thätigkeit dieser Fermente unmöglich machen, trotzdem noch genug Zucker,

stickstoffhaltige Substanz und Salze in der Flüssigkeit vorhanden sind, um die Organismen zu ernähren.

Wir sehen das Eintreten dieses Zustandes deutlich bei den selbstgährenden Flüssigkeiten; sobald der Gährungsvorgang ein gewisses Stadium erreicht hat, stellt das Ferment, durch welches die Gährung bis zu diesem Punkte geführt wurde, seine Thätigkeit ein und wird durch ein anderes ersetzt, welches im Stande ist, die Gährung zu vollenden. Wir müssen diesem nunmehr zur Wirksamkeit gelangenden Fermente offenbar die Fähigkeit zuschreiben, auch unter den für das Ferment der Hauptgährung nicht mehr günstigen Verhältnissen zu leben und finden wir ein ähnliches Verhältniß, wie in der Thierwelt — die höheren Thiere scheiden Körper ab, welche für ihren Organismus nicht mehr tauglich sind, die aber zahlreichen niederen Thieren zur Nahrung dienen; wir sehen keinen Grund dafür, bei den Fermentorganismen eine Ausnahme von dieser sich durch das ganze Naturreich hinziehenden Regel zu machen, um so mehr, als wir sie nicht blos im Thierreiche, sondern auch im Pflanzenreiche und selbst unter den Gährungsorganismen bestätigt finden. Als Beispiel für den letzteren Fall mag Folgendes dienen: Wenn man auf Wein, dessen Alkoholgehalt ein hoher ist und 14 bis 15 Percente beträgt, gleichzeitig Weinkahn (Saccharomyces Mycoderma) und Essigbacterien aussät, so gelangen blos die Zellen des ersteren Fermentes zu stärkerer Entwickelung und dauert dies, ohne daß eine erhebliche Steigerung des Essigsäuregehaltes der Flüssigkeit stattfindet, so lange fort, bis der Alkoholgehalt der Flüssigkeit beiläufig auf 10 Percente herabgesunken ist; von dieser Grenze angefangen, findet aber eine sehr rasche Vermehrung des Essigfermentes statt und kommt es bisweilen vor, daß das Kahnferment durch das Essigferment gänzlich verdrängt wird.

Wir sehen in diesem Falle, daß das eine der Fermente, welches zu gleicher Zeit auf einer bestimmten Nährflüssigkeit ausgesät wird, gleichsam so lange im ruhenden Zustande verbleibt, bis sich die Zusammensetzung der Flüssigkeit so weit geändert hat, daß sie nunmehr zu seiner Ernährung besonders tauglich erscheint, worauf die Entwickelung dieses Fermentes kräftig beginnt. Es liegt kein Grund vor, der uns hindern würde anzunehmen, daß zwischen den Fermenten der Hauptgährung und jenen der Nachgährung ein ähnliches Verhältniß walte; die Nachgährungsfermente sind schon zu Anfang der Gährung in der Flüssigkeit vorhanden, sie vermögen aber nicht zur Entwickelung zu gelangen, weil die Ernährungsbedingungen für jenes Ferment, welches die Hauptgährung verursacht, günstiger liegen — sie bleiben im Ruhezustande oder vermögen sich nur schwierig zu ernähren; sobald aber die Fermente der Hauptgährung nicht mehr einen so günstigen Boden finden, wie zu Anfang der Gährung, werden sie von den Nachgährungsfermenten verdrängt und führen diese den ganzen Gährungsact zu Ende.

Wenn wir uns die Aufeinanderfolge verschiedener Fermente, welchen eine und dieselbe Hauptthätigkeit zukommt, nämlich jene der vergährenden Wirkung auf den Zucker nur durch die allmälig zu Gunsten des Nachgährungsfermentes stattfindende Aenderung der Beschaffenheit der Nährflüssigkeit erklären können, so

müssen wir diese Erklärungsart um so gewisser auch auf jene Fermente anwenden, welche verschiedenen Organismen-Gruppen angehören. Wir können an den gegohrenen Flüssigkeiten deutlich das Streben der Natur erkennen, den kunstreichen Bau, welchen sie mit der Hervorbringung hochausgebildeter organischer Verbindungen vollendete — kaum, daß derselbe vollendet ist, wieder zu zerstören und abermals in jene einfachst zusammengesetzten Verbindungen zurückzuführen, aus welchen er entstanden ist und scheint es beinahe die ausschließliche Rolle der Fermente zu sein, diese Aufgabe in der Natur zu vollbringen. Wir können uns an dieser Stelle auf den merkwürdigen Kreislauf, welchen die organisirte Substanz hierbei vollzieht, nicht weiter einlassen, als er die chemische Seite der ganzen Frage berührt und müssen uns darauf beschränken, einige Andeutungen hierüber zu geben, wodurch das Auftreten gewisser Fermente bedingt wird.

Aufeinanderfolge verschiedener Fermente.

Wenn wir zuckerhaltige Fruchtsäfte, welche stets sauer sind, sich selbst überlassen, so beobachten wir auf der Oberfläche derselben regelmäßig das Auftreten der höchst stehenden unter allen Fermenten: der Schimmelarten; sobald aber diese auf der Oberfläche der Flüssigkeit eine zusammenhängende Decke gebildet haben, zeigt sich auch in den meisten Fällen im Innern der Flüssigkeiten Alkoholgährung, welche durch Saccharomycesarten hervorgerufen wird; der nunmehr völlige Abschluß des freien Sauerstoffes zwingt diese Fermente, ihre vergährend wirkende Lebensweise einzuschlagen und veranlassen die großen Mengen von Kohlensäure, welche nunmehr von der Flüssigkeit abgegeben werden, das Zurücktreten der Schimmelpflanzen, welche ohne freien Sauerstoff höchstens ebenfalls nur als Alkoholferment leben könnten, aber durch die zu diesem Zwecke viel geeigneteren Saccharomycesarten in den Hintergrund gedrängt werden. In den meisten Fällen vollzieht sich dann die alkoholische Gährung der Flüssigkeit in normaler Weise: aller Zucker wird in Alkohol, Kohlensäure und in die übrigen Gährungsprodukte verwandelt. Ist die Flüssigkeit von solcher Beschaffenheit, daß sie nach Vollendung der Alkoholgährung noch eine bedeutende Menge von Eiweißkörpern enthält und ist zugleich die in ihr enthaltene Alkoholmenge eine ziemlich große, so bietet sie den günstigsten Boden für die Ansiedlung des Kahnfermentes; sobald über der Flüssigkeit nicht mehr die schützende Decke von Kohlensäure lagert, welche die Entwickelung des Kahnfermentes hindert, tritt dieses Ferment fast in allen Fällen auf — auch wenn die Flüssigkeit einer niederen Temperatur ausgesetzt ist, entwickelt es sich ungemein rasch und zerstört binnen Kurzem nicht nur eine bedeutende Menge von Alkohol, sondern beansprucht zugleich eine große Menge von Eiweißkörpern, welche es der Flüssigkeit entnimmt.

Ist die Temperatur der Flüssigkeit eine niedere, so kann die Thätigkeit des Kahnfermentes so lange andauern, bis die Flüssigkeit nichts mehr enthält, als Aschensalze und Huminkörper; bei höherer Temperatur tritt aber in den meisten Fällen das Essigferment an die Stelle des Kahnfermentes und verwandelt den Alkohol in Essigsäure. Enthielt die Flüssigkeit noch kleine Mengen von

unvergohrenem Zucker, so können sich unter Umständen jene Fermente ansiedeln, welche Schleimgährung, Milchsäuregährung und im Verlaufe der letzteren auch Buttersäuregährung hervorrufen. Auch nach vollendeter Essiggährung vermag sich wieder auf der Flüssigkeit Kahnferment anzusiedeln, welches nunmehr die Essigsäure zersetzt und auch die etwa vorhandene Weinsäure, Aepfelsäure — kurz alle in der Flüssigkeit enthaltenen organischen Säuren zerstört. In der nunmehr nicht mehr saueren Flüssigkeit siedeln sich mit besonderer Vorliebe jene noch nicht näher bestimmten Organismen an, welche wir höchst wahrscheinlich allesammt als Spaltpilze zu bezeichnen haben und geht die Gährung nunmehr in das Stadium der sogenannten fauligen Gährung über. . . . Das Endresultat der Gährung ist dann in seinen letzten Produkten Kohlensäure, Wasser und Ammoniak — das sind die einfachst zusammengesetzten Verbindungen, in welche die organischen Körper zerfallen können.

Wir können aus der vorstehenden Darstellung des Stoffumsatzes, welcher bei der Gährung stattfindet, den Schluß ziehen, daß jene Produkte, welche wir als Gährungsprodukte im engeren Sinne bezeichnen (das sind Gährungsprodukte, welche durch eines der Alkoholfermente gebildet werden), keineswegs die Endglieder jener Reihe von Verbindungen darstellen, welche durch Fermente weiter zerlegt werden können, sondern in gewissem Sinne eigentlich erst die Anfangsglieder der langen Reihe von chemischen Verbindungen bilden, welche aus dem Zucker und den übrigen in der Flüssigkeit enthaltenen Körpern hervorgehen können. Die Produkte der alkoholischen Gährung bilden für gewisse Fermente die Nährstoffe, welche abermals durch Fermentthätigkeit zerlegt werden können und lösen sich verschiedene Fermente in dieser Thätigkeit ab, so daß schließlich nur Wasser neben den unverbrennlichen Salzen und etwa Huminkörper zurückbleiben. Es ist ein sehr beachtenswerther Umstand, daß es fast immer mehr und mehr einfacher gebaute Wesen sind, welche sich an diesen zweiten Gährungen betheiligen; wenn wir die Flüssigkeit in's Auge fassen, welche nach völliger Zerstörung des Zuckers durch ein Alkoholferment zurückbleibt, so können wir die Beobachtung machen, daß sie, falls noch reichliche Mengen von stickstoffhaltigen Körpern vorhanden sind, von dem Kahnferment befallen wird; dieses Ferment gehört zwar in dieselbe Pflanzengattung, wie die echten Alkoholfermente, besitzt aber eine Eigenschaft, welche diesen fehlt: es vermag sich von Alkohol zu nähren, das ist von einem Körper, welcher für die anderen Saccharomycesarten, wenn er in gewissen Mengen vorhanden, geradezu als Gift wirkt. Das Kahnferment besitzt im Vergleiche mit den eigentlichen Alkoholfermenten eine größere Gährungsenergie, indem es im Stande ist, Alkohol direkt in Wasser und Kohlensäure — somit in die einfachsten Produkte zu zerlegen.

Enthält die Flüssigkeit, welche die Alkoholgährung durchgemacht hat, nur geringe Mengen von stickstoffhaltigen Körpern, so kann sich auf denselben das Kahnferment nicht auf die Dauer ansiedeln; sobald aber günstige Temperaturverhältnisse vorhanden sind, tritt sogleich das Essigferment auf. Dieses Ferment, zwar entschieden einfacher organisirt, als das Kahnferment, bewirkt zwar Anfangs eine verhältnißmäßig schwache vergährende Wirkung, es überträgt blos eine ge-

wisse Menge von Sauerstoff auf den Alkohol und verwandelt denselben hierdurch in Essigsäure und Wasser; unter Umständen tritt auch ein dem Essigfermente nahestehendes Ferment, das Milchsäureferment, auf, dessen chemische Arbeitsleistung eine noch geringere ist und eigentlich blos darin besteht, daß es das Zuckermolecul etwas verändert, wodurch dasselbe in Milchsäure übergeht.

Ist aber der Gährungsvorgang einmal so weit gediehen, daß die Flüssigkeit nur mehr geringe Mengen von stickstoffhaltigen Körpern enthält und die Kohlehydrate aus derselben verschwunden sind, so ist sie nur mehr zur Ernährung der niederst organisirten Fermente geeignet und findet die gänzliche Zersetzung durch Spaltpilze statt. Wir gelangen hier auf theoretischem Wege zu einem Schlusse, welcher auch für die Praxis von großer Bedeutung ist: wenn organische Flüssigkeiten von Fermenten angegriffen werden, so treten Anfangs jene Fermente auf, welche die höchst organisirten unter allen sind und auch die ausgedehntesten Ansprüche bezüglich ihrer Ernährung machen. Es sind dies die echten Schimmelpilze, welche des freien Sauerstoffes bedürfen. Häufig treten an die Stelle dieser Organismen die Alkoholfermente, welche zwar des freien Sauerstoffes entbehren können, aber auf ein bestimmtes Nahrungsmittel angewiesen sind, während die Schimmelpilze, wenn nur Sauerstoff zugegen ist, die Fähigkeit haben, auch solche Körper, welche nicht Zucker sind, zu zerstören.

Enthält eine Flüssigkeit, welche die Alkoholgährung durchgemacht hat, Zucker oder fehlt dieser in derselben, so treten nach den Alkoholfermenten gewöhnlich die Bacterien in Wirksamkeit, um die Fermentthätigkeit fortzusetzen; bei Gegenwart von Zucker sind es gewöhnlich die Milchsäurebacterien — beim Fehlen des Zuckers und namentlich bei höherer Temperatur gelangen hingegen die Essigbacterien zur Entwickelung. Hat endlich diese zweite Gährung ihr Ende erreicht, so scheinen die Flüssigkeiten so ziemlich die Fähigkeit verloren zu haben, Organismen zu ernähren, welche auf der Stufe der Bacterien stehen und fallen nun wohl in allen Fällen der Fermentthätigkeit der Spaltpilze — der niedersten Gruppe von Ferment-Organismen anheim.

Während das Auftreten der Alkoholfermente und auch der Bacterien an gewisse Vorbedingungen bezüglich bestimmter in der Flüssigkeit vorhandener Stoffe geknüpft ist, scheint dies bei den Spaltpilzen nicht mehr der Fall zu sein; es ist vielmehr wahrscheinlich, daß diese Organismen die Fähigkeit haben, jede organische Substanz in die einfachsten Verbindungen überzuführen, wenn ihnen dieselbe nur alle zum Aufbau ihres Leibes nöthigen Körper neben den Aschensalzen zu liefern vermag. Anfangs bilden die Spaltpilze zwar auch aus den höher zusammengesetzten Verbindungen einfachere, die zum Theile als furchtbare Gifte für höhere Organismen die eigentliche Ursache epidemischer Krankheiten (Cholera, Typhus, Pest, gelbes Fieber) sind — schließlich werden aber auch diese Verbindungen in die einfachsten zerlegt, die wir kennen, so daß als Endglieder der langen Reihe von chemischen Prozessen, welche durch Fermentthätigkeit hervorgerufen werden können, immer Wasser, Kohlensäure und Ammoniak anzusehen sind.

Nach den Untersuchungen Nägeli's, dem wir eigentlich erst die Kenntniß über die Bedeutung der Spaltpilze im Haushalte der Natur verdanken, scheint

es nicht nothwendig zu sein, daß sich, ähnlich wie dieses bei den höher organisirten Fermenten der Fall ist, ein bestimmter Organismus in der Thätigkeit mit einem anderen ablöse, sondern läßt sich annehmen, daß ein und derselbe Spaltpilz, wenn er sich einmal in einer Flüssigkeit angesiedelt hat, dieselbe gänzlich zu zersetzen vermag. Es ist begreiflich, daß sich die Ernährungsweise dieser Organismen — falls das eben Ausgesprochene richtig ist, immerfort ändern muß, da in diesem Falle der Spaltpilz gezwungen ist, stets seine eigenen Ausscheidungsprodukte zu verzehren; wir werden dann auf chemischem Wege die mannichfaltigsten Umsetzungsprodukte nachweisen können, ohne daß wir im Stande waren, gleichzeitig mit Hülfe des Mikroskopes das Auftreten neuer Organismen zu constatiren. Wir haben somit in diesem Falle in den Spaltpilzen das glänzendste Beispiel der Anpassung von Organismen im gegebenen Ernährungsverhältnisse vor uns, welches sich überhaupt denken läßt — eine Erscheinung, die sich vielleicht mit der außerordentlich einfachen Organisation dieser Wesen erklären läßt.

Durch die unausgesetzte Thätigkeit der Spaltpilze in einer Flüssigkeit muß sich die chemische Zusammensetzung derselben begreiflicher Weise ohne Unterlaß ändern und wird es hierdurch erklärlich, daß die chemische Untersuchung von Flüssigkeiten, welche durch Spaltpilze zersetzt werden, Ergebnisse zu Tage fördert, welche ungemein von einander verschieden sind, weil wir kein Mittel wissen, welches uns mit Sicherheit erkennen ließe, wann ein Abschnitt der vergährenden Thätigkeit des Fermentes abgelaufen ist und der nachfolgende beginnt. Es steht jedoch zu erwarten, daß die fortgesetzten Arbeiten der Chemiker auf diesem Gebiete — die Thätigkeit des Mikroskopikers tritt begreiflicher Weise bei der Erforschung dieses Gährungsvorganges beinahe ganz in den Hintergrund — endlich doch dahin gelangen werden, gewisse Stadien der Zerlegung aufzufinden.

Nach dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse über diesen Gegenstand erscheint die Frage noch bei weitem nicht spruchreif und halten wir es für höchst wahrscheinlich, daß die vielfachen Gährungsvorgänge, welche man mit dem Namen der Schleimgährung, der Glyceringährung, Faulnißgährung, Harngährung u. s. w. bezeichnet, eigentlich nichts anderes als verschiedene Stadien des radicalen Zerlegungsvorganges sind, welcher durch die Vegetation der Spaltpilze bedingt wird.

Gestützt auf Thatsachen und die wissenschaftliche Theorie hat es der um die Gährungschemie hochverdiente Forscher A. Mayer unternommen, jene Körper, welche wahrscheinlicher Weise nicht gährungsfähig sind, und jene, welchen die Eigenschaft der Gährung zukommt, zu klassificiren. So anerkennenswerth diese Arbeit auch ist, dürfte sie im Laufe der Zeit erheblicher Modificationen bedürfen, denn gewisse Thatsachen sprechen laut dafür, daß manche Verbindungen, welche wir nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens als nicht gährungsfähig im weitesten Sinne des Wortes bezeichnen müssen, dennoch gährungsfähig sind; wenn sie auch den höher stehenden Fermenten keine Nahrung zu bieten vermögen, erscheint es doch wahrscheinlich, daß sie von den Spaltpilzen assimilirt werden können.

Erst das eingehendere Studium der sogenannten secundären Gährungserscheinungen, das ist jener, bei welchen Körper, die wir als echte Gährungs-

Produkte anzusehen haben, durch Fermente weiter zerlegt werden können, wird es ermöglichen, die absolut gährungsfähigen Körper mit voller Sicherheit aufzuführen und dürfte mancher Körper, den man in nicht ferner Zeit als gährungsunfähig gehalten hat, als ein gährungsfähiger bekannt werden. Wir stellen in dem nachfolgenden Abschnitte das verhältnißmäßig Wenige, was uns über die secundären Gährungen bekannt wurde, zusammen und zweifeln nicht daran, daß in Büchern der Zukunft, welche sich mit den Gährungserscheinungen beschäftigen, dieser Abschnitt einen der größten und wichtigsten des ganzen Werkes bilden werde. Gegenwärtig ist man noch nicht einmal über die Benennung dieser Gährungserscheinungen einig und werden manche derselben nach dem zu vergährenden Produkte benannt — so spricht man von einer Gährung des Glycerins, während man andere nach den aus den Gährungsvorgängen hervorgehenden Produkten benennt (Buttersäuregährung) oder ganz allgemeine Namen, wie Faulniß-Gährung, hierfür anwendet.

XIII. Die secundären Gährungen.

Als secundäre Gährungen wollen wir jene Gährungserscheinungen bezeichnen, welche sich auf solche Körper beziehen, die selbst als Gährungsprodukte zu betrachten sind; wenn wir diese Benennungsweise consequent beibehalten wollen, so können wir auch von tertiären, eventuell auch von quaternären Gährungen sprechen. Wenn wir von der Umsetzung des nichtgährungsfähigen Zuckers in gährungsfähigen absehen, so erscheinen uns Alkohol und Glycerin als primäre Gährungsprodukte; eben so ist die Milchsäure als ein primäres Gährungsprodukt zu betrachten und sind auch die geringen Mengen von Essigsäure, die wir als stetig bei der Alkoholgährung auftretend beobachten können, primäre Gährungsprodukte. Jene Essigsäure, welche aber durch die Einwirkung des Essigfermentes auf den Alkohol entsteht, gehört eben so gut zu den secundären Gährungs-Produkten, wie die Kohlensäure, die durch die Wirkung von Saccharomyces Mycoderma aus dem Alkohol gebildet wird.

Die secundären Gährungen schließen zwar in manchen Fällen die Reihe der aufeinander folgenden Gährungsvorgänge ab, werden aber bisweilen noch von anderen abgelöst, so daß wir deutlich tertiäre Gährungen unterscheiden können. Wenn sich aus Zucker durch die Thätigkeit eines Alkoholfermentes Alkohol gebildet hat, welcher durch das Essigferment in Essigsäure verwandelt wird und diese erleidet sodann durch das Kahnferment eine weiter gehende Zersetzung, so müssen wir das Wasser und die Kohlensäure, welche hierbei aus der Essigsäure gebildet werden, als tertiäre Produkte ansehen. Diese Eintheilung der Gährungs-Produkte in primäre, secundäre u. s. w. hat auch ein gewisses praktisches Interesse, indem wir an derselben gewissermaßen einen Maßstab zur Vergleichung der chemischen Intensitäten gewisser Fermente vor uns haben.

Die echten Schimmelpflanzen besitzen eine chemische Intensität, welche so groß ist, daß schon als primäre Gährungsprodukte die einfachsten Verbindungen (Wasser und Kohlensäure) gebildet werden. Es erscheint uns höchst wahrscheinlich, daß hierbei übrigens noch andere Produkte entstehen, die wir aber noch nicht näher kennen; wir wissen nicht einmal, welche Beschaffenheit jener Körper

hat, der die Ursache des so charakteristischen Schimmelgeruches ist. Die Alkoholfermente besitzen in dem Zustande, in welchem ihnen alle Lebensbedingungen in vollem Maße erfüllt werden, somit bei unbeschränktem Zutritt des Sauerstoffes, wahrscheinlich auch die Fähigkeit der größten Gährungsintensität und zerlegen den Zucker unmittelbar in Kohlensäure und Wasser; wir wissen aber, daß sie bei gehindertem Zutritt des Sauerstoffes nur einen Theil dieser Arbeit zu lösen vermögen und neben einer gewissen Menge von Kohlensäure nur eine Verbindung zu produciren im Stande sind, welche eine einfachere Zusammensetzung besitzt als der Zucker: den Alkohol.

Unter den Fermenten, welche gegenwärtig zur Gattung Saccharomyces gerechnet werden, scheint nur einem derselben die größte Gährungsintensität zuzukommen und ist dies Saccharomyces Mycoderma oder das Kahnferment. Es erscheint uns aber sehr bezeichnend, daß dieses Ferment nur bei Gegenwart von freiem Sauerstoff im Stande ist, die größte vergährende Intensität zu entwickeln, während es bei Abschluß von freiem Sauerstoff zum Alkoholferment herabsinkt, aber als solches weniger leistet als die ihm verwandten Pflanzen, die aber besser den Mangel des freien Sauerstoffes zu ertragen vermögen. Die Wirkung des Kahnfermentes erstreckt sich bekanntlich nicht blos auf Flüssigkeiten, welche Zucker oder Alkohol enthalten, sondern vermag dieses Ferment auch auf verdünnter Essigsäure und anderen verdünnten organischen Säuren zu leben, vorausgesetzt, daß die betreffenden Flüssigkeiten neben den Stickstoffverbindungen auch die genügende Menge von Nährsalzen enthalten.

Das Kahnferment scheint aber jenes Ferment zu sein, welches in Bezug auf Gährungsintensität den Uebergang zu den niederer stehenden Fermenten, den Bacterien und Spaltpilzen, bildet, welch' letztere in Bezug auf ihre vergährende Kraft jedenfalls die anderen Fermente übertreffen. Es dürfte kaum ein Fehlschluß sein, wenn wir die Annahme machen, daß die Bacterien und Spaltpilze im Stande sind, alle überhaupt gährungsfähigen Körper schließlich in Kohlensäure und Wasser (— und Ammoniak?) — zu verwandeln. Wir sehen, daß sich auf alkoholhaltigen Flüssigkeiten die Essigbacterien ansiedeln, wir machen die Wahrnehmung, daß sich auf Flüssigkeiten gewisse Bacterien entwickeln, welche anfangs den Zucker in Milchsäure, letztere später in Buttersäure und in noch einfacher zusammengesetzte Verbindungen zerlegen u. s. w.

Obwohl nun die strenge Abgrenzung zwischen Bacterien und Spaltpilzen erst genau festzustellen ist, erscheint es doch wahrscheinlich, daß den Spaltpilzen die höchste Gährungsenergie unter allen Fermenten zukomme. Gewisse Körper, die schon Gährungsprodukte sind, zeigen eine bedeutende Stabilität bezüglich ihrer Zusammensetzung — oder mit anderen Worten, sie können nur schwierig in Gährung gebracht werden . . . wenn man sie aber in Gährung versetzt, so findet man immer, daß dieselbe durch die Thätigkeit von Spaltpilzen bewirkt wird. Das Glycerin ist ein Gährungsprodukt — die bei der Gährung desselben auftretenden Organismen sind Spaltpilze; der Harnstoff ist höchst wahrscheinlich ein Gährungsprodukt — bei der Faulniß des Harnes können wir stets Spaltpilze in der faulenden Flüssigkeiten beobachten. Wir wissen, daß sich bei jeder Art

von Zerlegung, welche wir als Faulniß bezeichnen, stets Spaltpilze (meistens nach den Bacterien) einstellen, und erklären uns diese Erscheinung dadurch, daß nur den Spaltpilzen die Fähigkeit im ausgedehnten Maße zukommt, sich von Gährungsprodukten zu nähren — daß sie somit jene Organismen sind, welche unter allen mit der einfachsten Nahrung vorlieb zu nehmen im Stande sind — gerade aber wegen der einfachen Zusammensetzung dieser Nahrung dieselbe auch in die einfachsten Verbindungen überführen, welche überhaupt denkbar sind.

Der stärkere chemische Bestand gewisser Gährungsprodukte scheint uns auch zum Theile die Ursache zu sein, warum gewisse Gährungsprodukte die Eigenschaft haben, geradezu gährungsfeindlich zu wirken; wir sehen eine solche Wirkung sowohl am Alkohol, welcher über eine gewissen Menge hinaus sogar die Fermente tödtet, die ihn erzeugt haben. In noch höherem Grade können wir aber die gährungsfeindliche Wirkung an den Gährungsprodukten beobachten, die bei der Alkoholgährung als primäre Produkte auftreten: an dem Glycerine und der Bernsteinsäure. Das Glycerin, dessen Gährungsprodukte wir noch etwas näher zu besprechen haben werden, ist nur schwierig in Gährung zu versetzen. — Die Bernsteinsäure ist ein Körper, welcher der Entwickelung der Fermente so viele Hindernisse entgegensetzt, daß sie gährungsfähigen Körpern zugefügt, durch eine gewisse Zeit hindurch als Conservirungsmittel wirkt; daß sie aber entschieden gährungsfähig ist, beweist der Umstand, daß in Flüssigkeiten, welche man sich selbst überläßt, und welche durch die Thätigkeit von Fermenten schließlich zerstört werden, auch die Bernsteinsäure völlig verschwindet.

Die Gährung des Glycerins.

Ueber die Zersetzung, welche das Glycerin durch Fermente erleidet, liegen mehrere Untersuchungen vor, und ist unter den älteren Arbeiten über diesen Gegenstand besonders jene von Béchamp bemerkenswerth, indem dieser Gelehrte schon deutlich die Wahrnehmung machte, daß bei der Gährung des Glycerins und anderer schwierig vergährbarer Körper besondere Organismen in Thätigkeit treten, welche er mit dem Namen Mycrozyma belegte. — Organismen, welche höchst wahrscheinlich mit jenen identisch sind, die wir in Uebereinstimmung mit allen neueren Forschern als Spaltpilze bezeichnen. Béchamp fand, daß sich das Glycerin in Folge der Gährung in eine lange Reihe von Körpern zerlege, von welchen er eine größere Anzahl in reinem Zustande dargestellt hat; diese Körper gehörten sämmtlich der Reihe der Alkohol- und der fetten Säuren an.

Nach neueren Arbeiten von Fitz, welcher sich überhaupt in Bezug auf die Erforschung gewisser noch wenig bekannter Gährungsvorgänge bedeutende Verdienste erworben hat, vermag das Glycerin verschiedenartige Gährungsprodukte zu liefern, je nach dem Concentrationsgrade, welchen die Nährflüssigkeit zeigt. Besonders ist das Verhalten des Glycerins in der Beziehung von Interesse, daß aus demselben unter geeigneten Umständen derselbe Alkohol entstehen kann, welcher gewöhnlich durch die höher stehenden Fermente producirt wird: der Aethylalkohol. Sind

die Mengen des Glycerins in der Flüssigkeit, welche neben Glycerin und Wasser auch noch Nährstoffe anderer Art (phosphorsaures Ammoniak) enthalten muß, große, so nehmen sie auf die Entwickelung des Fermentes selbst Einfluß — hat nämlich, nachdem die Gährung eine gewisse Zeit hindurch angedauert, die Menge des Butylalkoholes, welcher in größerer Menge bei dieser Gährung entsteht, eine gewisse Grenze überschritten, so hören die Spaltpilze, welche in der Flüssigkeit leben, auf, sich in normaler Weise zu entwickeln und bilden sogenannte Dauersporen — das heißt solche, welche sich in ruhendem Zustande befinden und anscheinend gar keine Gährung veranlassen. Gießt man von dem Bodensatze, welcher die Mehrzahl der Organismen enthält, die Flüssigkeit ab, beseitigt aus derselben den Butylalkohol durch Destilliren und gießt die solchergestalt von Butylalkohol befreite Flüssigkeit wieder auf die Organismen, so beginnen die Dauersporen wieder ihre normale Entwicklung — das heißt: sie vermehren sich wieder in der eigenthümlichen Weise, welche die Spaltpilze charakterisirt.

Wie es scheint, wird das Glycerin besonders durch zwei von einander verschiedene Arten von Spaltspilzen angegriffen, indem die Gährungsprodukte für gewisse Fälle verschiedene sind; während nämlich bei gewissen Gährungen in größerer Menge Alkohol gebildet wird, findet man in anderen Fällen hauptsächlich Butylalkohol in der vergohrenen Flüssigkeit in überwiegender Menge. Mikroskopisch läßt sich kein Unterschied zwischen diesen beiden Spaltpilzen feststellen; beide erscheinen selbst bei den stärksten Vergrößerungen in der Form, welche den Spaltpilzen überhaupt eigen ist: als ungemein kleine kugelförmige Gebilde, welche entweder vereinzelt in der Flüssigkeit schwimmen oder längere oder kürzere Reihen bilden; die chemische Untersuchung läßt uns aber wenigstens mit einer gewissen Berechtigung die Annahme machen, daß wir es hier mit verschiedenen Wesen zu thun haben.

Die Gährungsfähigkeit des Glycerins besitzt ein gewisses Interesse für die Gährungsgewerbe; bekanntlich bleiben manche gegohrene Flüssigkeiten — ganz besonders der Wein, Jahre lang liegen, ehe sie dem Consume zugeführt werden, und läßt sich wohl annehmen, daß sich in diesen Flüssigkeiten unter günstigen Umständen jene Spaltpilze zu entwickeln vermögen, welche die Ursache der Glyceringährung sind. In diesem Falle muß sich eine allmälige Verminderung der ursprünglich vorhanden gewesenen Glycerinmenge in der Flüssigkeit zeigen, und dafür in derselben entweder eine Vermehrung des Aethylalkoholes nachweisen oder die Gegenwart des Butylalkoholes erkennen lassen. Leider besitzen wir bis nun keine Untersuchungen, welche mit solcher Feinheit ausgeführt sind, daß auf diese Verhältnisse Bedacht genommen worden wäre; es sei übrigens hier erwähnt, daß man in alten Weinen, die durch längere Zeit in der Flasche gelagert haben, in manchen Fällen allerdings einen etwas höheren Alkoholgehalt nachweisen kann, als ihn der Wein besaß, bevor er in die Flasche gefüllt wurde — eine Erscheinung, welche bis in die neueste Zeit räthselhaft war, und welche man gewöhnlich dadurch zu erklären suchte, daß der Wein noch minimale Mengen von Zucker enthalten habe, die während des Lagerns in Alkohol verwandelt wurden —

wie? wußte man freilich nicht zu erklären, indem man in solchen Weinen keine Spur von Alkohol-Ferment nachzuweisen im Stande war. Möglicher Weise findet nun diese stets sehr geringfügige Vermehrung des Alkoholgehaltes in Folge einer secundären Gährung statt, welche durch die Einwirkung der Spaltpilze auf das Glycerin vor sich gegangen ist — ein Vorgang, welcher auch bei absolutem Abschluß von Sauerstoff statt haben kann.

Was die Gährungsprodukte des Glycerins anlangt, sind dieselben höchst wahrscheinlich sehr zahlreiche, je nach der Temperatur und den Nebenbedingungen, unter welchen die Gährung vor sich geht. Béchamp, welcher thierische Substanz nebst Kreide in die glycerinhaltige Flüssigkeit brachte — er war eine Zeit lang der Ansicht, die Kreide enthalte lebende Mikrozyma's — erhielt aus 450 gr Glycerin:

148 gr	Alkohol, gemischt mit höheren Alkoholen,				
8 „	Essigsäure,				
32 „	Säure von	138—144	Grad C	Siedepunkt	(Propionsäure?)
53 „	„ „	158—165	„ C	„	(Buttersäure?)
21 „	„ „	175—182	„ C	„	(Valeriansäure?)
18 „	„ „	200—220	„ C	„	(Capronsäure?)

Das entwickelte Gas bestand aus Kohlensäure, Wasserstoff und Stickstoff.

Fitz fand bei der Glyceringährung als Produkte derselben Normalbutylalkohol, Normalbuttersäure, Aethylalkohol und Capronsäure. — Der Verfasser dieses Werkes hat in dem sogenannten Drusenöle oder rohem Oenanthäther, welcher aus Weinhefe gewonnen worden war, ziemlich dieselben Produkte, wie sie bei der Glyceringährung auftreten, vorgefunden — möglicherweise entstehen dieselben zum Theile wenigstens aus der Vergährung einer gewissen Menge des Glycerins, welcher bei der Alkoholgährung gebildet wurde.

Die Gährung des Stärkemehls.

Das Stärkemehl gehört zu jenen Körpern, die man bis nun zu jenen zählte, welche nicht unmittelbar gährungsfähig genannt werden können, indem der direkten Vergährung (durch die höheren Fermente) schon der Umstand hemmend in den Weg tritt, daß Stärkemehl in Wasser unlöslich ist. Wie wir bald näher erörtern werden, bedarf es der Einwirkung gewisser chemischer Fermente, um das Stärkemehl nicht nur in lösliche Form überzuführen, sondern den gelösten Körper in gährungsfähigen Zucker zu verwandeln, um die Einflußnahme der Alkoholfermente auf dasselbe zu ermöglichen. Durch neuere Arbeiten ist jedoch dargethan worden, daß auch das Stärkemehl zu jenen Körpern gerechnet werden müsse, welche man als direkt gährungsfähig bezeichnen kann. Nach den Arbeiten von Fitz kann es nicht mehr zweifelhaft erscheinen, daß Stärkemehl direkt durch Spaltpilze vergährt werden kann und zwar geschieht dieses in so vollständiger Weise, daß der Inhalt der Stärkemehlkörner völlig verschwindet und nur die aus Cellulose bestehenden Hüllen der Stärkemehlkörner zurückbleiben. Es unterliegt keinem Zweifel, daß auch die Cellulose schließlich der Einwirkung der

Spaltpilze unterliegt und ebenfalls vergährt wird. Vorläufig besitzt die Gährungsfähigkeit des Stärkemehls das größte Interesse für die Gährungstechniker, indem möglicherweise in Flüssigkeiten, welche neben Zucker noch eine gewisse Menge von unverändertem Stärkemehl enthalten, durch die Einwirkung der Spaltpilze eine Vergährung derselben Statt haben kann.

Das Dextrin, ein Körper, über dessen Vergährbarkeit lebhafter Streit geführt wurde, ist wenigstens durch die Spaltpilze vergährbar und zwar wegen seiner Löslichkeit in Wasser leichter als das Stärkemehl selbst. Möglicherweise nehmen die Spaltpilze bei den technischen Gährungen nicht nur Einfluß auf die Löslichmachung von Stärkemehl und Cellulose, sondern leiten auch unmittelbar an den eben entstandenen Gährungsprodukten der Alkoholfermente Gährungen ein, in Folge welcher gewisse Produkte entstehen, die wir in den gegohrenen Flüssigkeiten als Fuselöle vorfinden. Wir wissen, daß sich die Fuselöle bei längerem Lagern der gegohrenen Flüssigkeiten allmälich ändern und schreiben diese Aenderung der oxydirenden Wirkung des Sauerstoffes zu — möglicherweise ist dieselbe auch der Thätigkeit von Spaltpilzen in der Flüssigkeit zuzuschreiben — welche in der Flüssigkeit leben, ohne daß man ihre Gegenwart ahnt. Jedenfalls erscheint es gegenwärtig von größerer Wichtigkeit als früher, die Bodensätze, von welchen auch die bestvergohrenen Flüssigkeiten nach längerem Lagern nicht völlig frei sind, mit größter Aufmerksamkeit auf das Vorhandensein von Spaltpilzen zu prüfen, eine Arbeit, welche freilich selbst dem in mikroskopischen Arbeiten sehr Geübten solche Schwierigkeiten entgegensetzt, daß es nicht möglich ist, zu entscheiden, ob gewisse, unter dem Mikroskope liegende Körper aus unorganisirter Materie oder aus Organismen bestehen.

Die Mannitgährung.

Jener Gährungsvorgang, bei welchem die in Gährung übergehenden Flüssigkeiten eine dickflüssige Beschaffenheit annehmen, welche oft so zunimmt, daß die Flüssigkeit geschmolzenem Glase ähnlich wird, tritt als ein unerwünschter Vorgang nicht selten an secundären Gährungsvorgängen in gegohrenen Flüssigkeiten auf. Nach meinen Beobachtungen läßt sich das Zähewerden beinahe an allen weißen Weinen hervorbringen, wenn dieselben noch eine gewisse Menge von Zucker enthalten und durch längere Zeit einer Temperatur ausgesetzt werden, welche gegen 20 Grade beträgt. Manche Pflanzensäfte werden besonders leicht von dem Zähewerden ergriffen und tritt z. B. diese Erscheinung nicht selten an den Zuckersäften in den Zuckerfabriken ein.

Wir haben schon an früherer Stelle das Ferment beschrieben, welches bei dieser besonderen Gährung in Wirksamkeit tritt; nach den neueren Arbeiten über die Spaltpilze erscheint es sehr wahrscheinlich, daß dasselbe in die nämliche Gruppe von Organismen gehöre, in welche wir die Fermente der Faulniß, vielleicht auch jene der Essig- und Milchsäuregährung, zu rechnen haben. Diese Ansicht wird auch noch durch die Erfahrungen unterstützt, welche verschiedene Chemiker bei der Untersuchung solcher Flüssigkeiten gemacht haben, welche in die

schleimige Gährung übergegangen waren: außer gewissen zu den constant bei dieser Gährung auftretenden Produkten zu rechnenden Verbindungen, beobachteten verschiedene Chemiker sehr wechselnde Produkte; Schützenberger sucht das Auftreten dieser Produkte durch die Wirksamkeit anderer Fermente zu erklären. Nach dem, was wir bis nun über die mannichfaltige Thätigkeit der Spaltpilze wissen, scheint es nicht einmal nöthig zu sein, diese Entstehung verschiedener Produkte durch das Auftreten mehrerer Fermente zu erklären, sondern läßt sich dasselbe als durch successiv erfolgte Gährungsvorgänge bedingt annehmen, welche aber alle durch ein Ferment, durch einen Spaltpilz, bewirkt wurden.

Unter den Gährungsprodukten, welche bei der Schleimgährung constant auftreten, hat man in allen Fällen drei verschiedene Körper beobachten können und zwar: Mannit, ferner eine eigenthümliche Verbindung, welche die Zusammensetzung des Gummi zeigt und eigentliche Ursache des Schleimigwerdens der Flüssigkeit ist und außerdem Kohlensäure. Bei verschiedenen Versuchen ergeben sich für 100 Theile Zucker, welcher für den Versuch angewendet wurde, beiläufig folgende Verhältnisse:

Mannit	51,09
Gummi	45,48
Kohlensäure	6,18

Neben diesen constant auftretenden Produkten der Mannitgährung findet man aber in Flüssigkeiten, welche dieser besonderen Gährungsform anheimfielen, häufig noch wechselnde Mengen von Milchsäure und Buttersäure — auch hat man die Entwickelung von Wasserstoff beobachtet; es läßt sich nun wohl annehmen, daß das Ferment, nachdem es den Rohrzucker invertirt und dann in Mannit und Gummi gespalten hat, hiermit seine Fermentwirkung nicht abschließt, sondern eine gewisse Menge von Mannit weiter in Milchsäure, eventuell noch weiter in Buttersäure umwandelt. Möglicherweise findet diese Umsetzung gleichzeitig neben der eigentlichen schleimigen Gährung statt.

Für die letztere Annahme spricht eine Erscheinung, welche sich bei der mikroskopischen Beobachtung zähe gewordener Flüssigkeiten zeigt und deren Vorhandensein ich schon an anderer Stelle erwähnt habe. Man findet nämlich neben den charakteristischen Gebilden in zähem Weine, die sich durch die schon Seite 105 beschriebene Gestalt auszeichnen, stets andere, welche sich schon durch ihre Größe wesentlich von den ersteren unterscheiden. Während nämlich die Zellen, welche man in jedem zähe gewordenen Weine antrifft, nur 1,2 bis 14 Mikromm. Durchmesser zeigen, finden sich in manchen Fällen neben diesen andere vor, die völlige Kugelgestalt zeigen, deren Durchmesser aber jenen der ersteren Zellen um das drei- bis vierfache übertrifft. Es ist noch nicht entschieden, ob die beiden Fermenten in verwandschaftlicher Beziehung stehen oder ob man es in diesem Falle mit zwei nebeneinander herlaufenden Gährungen zu thun hat — etwa wie in dem Falle, in welchem neben dem Essigfermente noch das Kahnferment in Flüssigkeiten nicht selten auftritt und sich, je nach den Verhältnissen, unter welchen die beiden Fermente sich befinden, das eine oder andere derart entwickeln, daß das zweite zurücktreten muß.

Wenn die beiden Fermente derart wirken, daß sie wesentlich von einander verschiedene Produkte hervorbringen, so läßt sich sehr leicht hieraus das Auftreten verschiedener Mengen von Gährungsprodukten erklären und soll es nach Monoyer besonders der gummiartige Körper sein, welcher einer weiteren Zersetzung durch das zweite Ferment unterliegt. Der sogenannte gummiartige Körper, welcher sich bei der schleimigen Gährung bildet, ist eine eigenthümliche Verbindung, die in Bezug auf ihre Eigenschaften eine Stellung zwischen dem Arabin und dem Dextrin hat; durch Salpetersäure findet eine Umsetzung dieses Körpers in Oxalsäure statt, ohne daß Schleimsäure als Mittelprodukt aufzutreten scheint.

Soweit die praktischen Versuche reichen, scheint ein Körper, welcher selbst sehr leicht durch die Thätigkeit von Fermenten verändert wird, gegen jene Fermente, welche das Eintreten der Mannitgährung veranlassen, gewissermaßen als Gift zu wirken; es ist der Gerbstoff. Man hat die Beobachtung gemacht, daß es fast ausschließlich weiße Weine sind, welche von dieser Gährung befallen werden — bei Rothweinen kommt sie seltener vor, obwohl ich sie auch in derartigen Weinen zu beobachten Gelegenheit hatte und scheint der Gehalt an Gerbstoff, der in rothen Weinen fast immer in größerer Menge vorhanden ist, als in weißen, die Ursache dieser Erscheinung zu sein. In der That kann man die Mannitgährung einer Flüssigkeit leicht dadurch unterdrücken, daß man derselben eine geringe Menge von Gerbstoff zufügt.

In vielen Fällen genügt es auch, Flüssigkeiten, in welchen sich der Beginn dieser Gährung zeigt, dadurch vor dem Weitergreifen der Gährung zu schützen, daß man sie tüchtig mit Luft mischt, eine Erscheinung, welche dafür sprechen würde, daß das Ferment dieser Gährung nicht nur ohne freien Sauerstoff zu leben vermag, sondern daß die Zufuhr einer größeren Menge dieses Gases geradezu eine schädliche Einwirkung auf dasselbe nimmt. Wir nehmen nicht an, daß die Organismen durch den Sauerstoff getödtet werden, sondern daß deren Thätigkeit in andere Bahnen gelenkt werde und die Bildung von Mannit und Gummi in Folge dessen ihr Ende erreicht. Nach unserer Ansicht geht hierbei ein ähnlicher Prozeß vor sich, wie wenn man ein Alkoholferment in solche Verhältnisse bringt, daß demselben große Mengen von freiem Sauerstoff zur Verfügung stehen. Bekanntlich hört unter solchen Verhältnissen die vergährende Wirkung der Alkoholfermente auf und findet dafür eine sehr kräftige Vermehrung der Organismen statt.

Die Ammoniakgährung.

Man hat die Wahrnehmung gemacht, daß sich der Harnstoff durch die Einwirkung von Fermenten in Kohlensäure und Ammoniak zerlege und benennt man diese Art von Gährung mit dem Namen der ammoniakalischen Gährung. Der Vorgang, welcher bei dieser Gährung stattfindet, ist in chemischer Beziehung ein sehr einfacher und bedarf es gewissermaßen nur der Addition von Wasser zum Harnstoff, um den Zerfall desselben herbeizuführen.

$$C_4\,H_4\,N_2\,O + H_2\,O = CO_2 + 2\,H_3\,N$$

Harnstoff, Wasser, Kohlensäure, Ammoniak.

Es ist bekannt, daß diese Umsetzung des Harnstoffes sogar durch die bloße Berührung desselben mit Wasser in der Wärme stattfinden kann; kocht man eine wässerige Lösung von Harnstoff durch einige Zeit, so enthält sie kohlensaures Ammoniak. Ueberläßt man eine Lösung von Harnstoff in Wasser sich selbst, so bleibt sie mehrere Tage unverändert, geht aber schließlich auch in kohlensaures Ammoniak über.

Läßt man aber eine Flüssigkeit stehen, die neben Harnstoff auch noch solche Körper enthält, welche zur Ernährung von Organismen tauglich sind, so treten alsbald Organismen in ungeheurer Zahl in derselben auf und bewirken in kurzer Zeit die Umsetzung des Harnstoffes in Kohlensäure und Ammoniak. Ueber die Natur dieser Organismen fehlt es bis nun an genügenden Beobachtungen; sie bestehen aus jenen winzigen Kügelchen, deren Durchmesser nicht über 1,5 Mikromm. beträgt und welche meistens einzeln, bisweilen aber auch in rosenkranzförmigen Schnüren vorkommen und deutet dieses Vorkommen wohl darauf hin, daß diese Wesen entweder den Bacterien oder den Spaltpilzen beizuzählen sind. Man hat die Beobachtung gemacht, daß der unmittelbar aus der Blase entnommene Harn schon eine alkalische Reaction zeige — somit schon in dem Organismus selbst der Gährungsvorgang wenigstens seinen Anfang genommen habe. Da diese Beobachtung immer nur an erkrankten Individuen gemacht wird, so läßt sich darauf schließen, daß vielleicht die Ursache der Krankheit in der Entwickelung von Fermenten im Leibe des Erkrankten selbst zu suchen sei. Obwohl die Besprechung dieser Verhältnisse dem Zwecke unseres Werkes ferne liegt, bemerken wir zu denselben hier nur, daß nach neueren Ansichten die Mehrzahl der ansteckenden Krankheiten durch Fermentorganismen — Bacterien und Spaltpilze bedingt zu sein scheint und sich in dem Studium dieser Organismen für den Physiologen und Arzt ein ebenso großes Forschungsgebiet eröffnet, wie für den Gährungs-Chemiker im eigentlichen Sinne des Wortes. Wir wissen, daß stickstoffreiche organische Substanzen — und unter diesen ganz besonders die große Gruppe von Verbindungen, welche wir unter dem Namen der Proteïnstoffe zusammenfassen, außerordentlich große Neigung zeigen, in Gährung überzugehen; im gewöhnlichen Leben bezeichnet man Gährungserscheinungen, bei welchen übelriechende Produkte gebildet werden, mit dem Namen der Faulniß und können wir dem entsprechend auch jene Gährungsvorgänge, bei welchen diese Erscheinungen auftreten, als faulige Gährung bezeichnen. Schon bei der Besprechung der Produkte, welche sich bei der Faulniß der Bierhefe bilden, haben wir einige der Körper namhaft gemacht, welche hierbei ziemlich constante Produkte bilden. Wenn wir versuchen, die Art der chemischen Vorgänge zu charakterisiren, welche bei der Faulnißgährung verlaufen, so können wir im Allgemeinen sagen, daß sich als Endprodukte derselben stets Wasserstoffverbindungen jener Elemente ergeben, aus welchen die faulende Substanz constituirt ist.

Die Fäulniß.

In der Gruppe jener Körper, welche wir als Proteïnate bezeichnen, finden sich neben Kohlenstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Sauerstoff auch noch Schwefel und in einigen Phosphor vor; bei der Faulniß derselben erscheint der Kohlenstoff sowohl in Form von Kohlensäure als von Kohlenwasserstoffverbindungen — in gewissen Fällen beobachtet man das Auftreten von Sumpfgas und hat auch deshalb von einer besonderen Gährungsart, der Sumpfgas-Gährung, gesprochen; der Stickstoff tritt in Form von Ammoniak auf, der Schwefel und der Phosphor erscheinen als Schwefelwasserstoff und wahrscheinlich als Phosphorwasserstoff. . . . Die eben genannten Verbindungen bilden aber nur die Endglieder einer großen Reihe von chemischen Verbindungen, in welche die hochzusammengesetzte Verbindung allmälig durch die fortdauernde Fermentwirkung zerfällt und finden wir in verschiedenen Stadien des Faulnißprocesses die verschiedenartigsten Verbindungen in der faulenden Masse: Verbindungen, welche ihrer Zusammensetzung nach in die Gruppe der sogenannten substituirten Ammoniakverbindungen gehören, d. h. jener, in welchen ein oder mehrere Atome Wasserstoff in einem oder mehreren Molecülen Ammoniak durch Kohlenwasserstoff-Verbindungen ersetzt sind. Im Großen und Ganzen hat der Faulnißvorgang in Bezug auf die bei demselben auftretenden Produkte eine gewisse Aehnlichkeit mit jenem der trockenen Destillation. Bei der trockenen Destillation stickstoffhaltiger Substanzen findet bei Abschluß von Sauerstoff eine rasche Zerlegung der Verbindung durch die erhöhte Temperatur statt; bei der Faulniß vollzieht sich langsam ebenfalls unter Abschluß des Sauerstoffes ein ähnlicher Proceß bei gewöhnlicher Temperatur.

Die Organismen, welche bei der Fäulnißgährung auftreten, sind bis nun nur wenig gekannt und scheinen mannigfaltiger Art zu sein; man beobachtet in faulenden Flüssigkeiten Wesen, welche ihrer Gestalt nach zu den Bacterien gerechnet werden müssen und die eigenthümliche cylinderförmige Gestalt sowie die den Bacterien eigenthümliche selbstständige Bewegung zeigen; bei der Beobachtung faulender Flüssigkeiten habe ich wiederholt die Wahrnehmung gemacht, daß die Bacterien, welche sich in denselben entwickeln, ziemlich abweichende Größenverhältnisse zeigen, was wohl zu dem Schlusse berechtigt, daß sehr verschiedene Bacterien in solchen Flüssigkeiten leben.

Neben den Bacterien findet man aber auch jene undefinirbaren, winzigen, kugelförmigen Zellen, welche wir als Spaltpilze benennen. Das Auftreten sehr verschiedenartiger Verbindungen beim Fortschreiten der Faulniß läßt schon darauf schließen, daß zu verschiedenen Zeiten auch verschiedene Organismen in der Flüssigkeit besonders mächtig entwickelt werden, weil in einem gewissen Momente die Beschaffenheit der Flüssigkeit besonders günstig für ihre Ernährung ist. Gerade so, wie sich bei den eigentlichen Gährungsvorgängen das Alkoholferment, das Essigferment oder das Kahnferment in der vergährenden Wirkung ablösen, so können wir auch bei den Faulnißprocessen eine solche Aufeinanderfolge von Fermenten annehmen. In einer Flüssigkeit, in welcher die Faulniß schon sehr

weit vorgeschritten ist, treten die Bacterien immer stark zurück und scheinen schließlich den Spaltpilzen gänzlich das Feld zu räumen; diese letzteren, mit einer außerordentlich großen fermentirenden Kraft ausgerüstet, führen den Gährungsvorgang bis zu seinen äußersten Grenzen fort — das heißt: so weit, bis die Flüssigkeit nur mehr solche Verbindungen enthält, welche absolut nicht mehr gährungsfähig sind. Für die Praxis der Gährungsgewerbe haben die Faulnißerscheinungen nur ein untergeordnetes Interesse, indem sie nur als Störungen gewisser Processe auftreten und dies auch nur dann, wenn die bei den Gährungen einzuhaltenden Vorsichtsmaßregeln außer Acht gelassen werden.

XIV. Die chemischen Fermente.

Obwohl man nach dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse über die Gährungserscheinungen gezwungen ist, jeden Gährungsvorgang in untrennbaren Zusammenhang mit der Entwickelung eines Organismus zu bringen, spricht man dennoch von chemischen Fermenten und von Gährungen, welche ohne Mitwirkung lebender Wesen verlaufen sollen. Wir haben im Laufe unserer Erörterungen wiederholt darauf hingewiesen, daß man zwar auch die Gährungsvorgänge im eigentlichen Sinne des Wortes durch gewisse chemische Verbindungen veranlaßt ansehen muß, welche eine Zerlegung des in der Flüssigkeit vorhandenen gährungsfähigen Körpers veranlassen; wir müssen aber diese Verbindungen immer als das Produkt eines Organismus betrachten, ohne im Stande zu sein, die betreffenden Körper für sich in reinem Zustande darzustellen. Möglicher Weise gelingt es einmal, die eigentlich vergährend wirkenden Körper aus den Gährungsorganismen darzustellen und würde hierdurch der Beweis geliefert werden, daß die vergährenden Körper nicht direct von den Fermentorganismen verzehrt werden — ein Beweis, dessen Beibringung uns aber ziemlich unwahrscheinlich zu sein scheint.

Es ist zwar, wie man sich erinnern wird, gelungen, aus der Hefe einen Körper darzustellen, welchem die Eigenschaft zukommt, Rohrzucker in gährungsfähigen Zucker überzuführen; wir erachten aber die Entdeckung dieses außerhalb der Organismen wirkenden Körpers nicht als eine besonders folgenschwere in Bezug auf die Erklärung der Gährung als einen Proceß, der auf rein chemischen Vorgängen beruht; denn das Invertin ist jedenfalls selbst ein von dem Gährungsorganismus gebildeter Körper und andererseits ist die Wirkung desselben auf den Zucker eine derartige, daß man sie im eigentlichen Sinne des Wortes nicht jenen Vorgängen an die Seite stellen kann, welche man als Gährungen zu bezeichnen gewohnt ist. Bei der Inversion des Rohrzuckers findet nämlich nur eine Wasseraddition zum Molecule des Rohrzuckers statt — ein Vorgang, den wir auch durch manche chemische Processe im engsten Sinne des Wortes bewirken können.

Wenn man alle Vorgänge, welche man als Gährung zu bezeichnen Ursache hat, strenge prüft, so findet man immer, daß auch die Mehrzahl jener Gährungen,

die man durch chemische Fermente bedingt ansieht, stets in einem gewissen Zusammenhange mit Organismen stehen und genügt die letzterwähnte Thatsache völlig, nach dem neuesten Stande unseres Wissens, um auch diese Gährungsvorgänge in eine Reihe mit jenen zu stellen, welche unter direkter Mitwirkung von Organismen zu Stande kommen; wir finden nämlich, daß gewisse Substanzen, welche sich in dem keimenden Getreide, in den Mandeln, im Senf u. s. w. vorfinden, die Fähigkeit haben, fermentartige Wirkungen hervorzubringen und ist wohl zu beachten, daß alle genannten Körper Samen von Pflanzen sind, in welchen ein besonderer Vorgang stattfinden muß, wenn sich der Keim zur Pflanze entwickeln soll. Wir lassen diese Vorgänge, die übrigens nebenbei gesagt, auf das innigste mit den Gährungsvorgängen im Zusammenhange stehen dürften, hier ganz bei Seite und erinnern nur an eine Thatsache, die in neuester Zeit wohl außer allen Zweifel gekommen ist: daß nämlich jede lebende Zelle unter geeigneten Umständen als echte Gährungszelle leben kann und daß es für den Verlauf des Gährungsprocesses ganz gleichgültig ist, ob diese Zelle als selbstständiger Organismus auftritt — wie wir dies bei den Alkoholfermenten und bei den bisher beschriebenen Fermenten überhaupt beobachten können — oder ob sie einem größeren Zellencomplexe angehört, in welchem den verschiedenen Zellen auch verschiedene physiologische Functionen zukommen.

Wie aus vielen Versuchen hervorgeht, genügt es, einfach die Zellen in jene Verhältnisse zu versetzen, in welchen sie als echte Gährungsorganismen leben müssen — das heißt, sie von dem Zutritte des freien Sauerstoffes abzuschließen. . . . Es ist hinreichend, eine zuckerhaltige Frucht mit einer Atmosphäre von Kohlensäure zu umgeben, um nach einiger Zeit eine Verminderung des Zuckers und eine Bildung von Alkohol constatiren zu können und können wir diese Erscheinung am einfachsten auf die Weise erklären, daß der Chemismus gewisser Zellen in Folge dieser gründlichen Aenderung der Ernährungsverhältnisse auch seinen Chemismus geändert habe und zur Fermentwirkung herabgedrückt worden sei.

Wenn wir das Wesen der sogenannten chemischen Fermente von diesem Gesichtspunkte betrachten, so gelangen wir zu einer großen Uebereinstimmung derselben mit den Erscheinungen der Gährung unter Mitwirkung bestimmter Organismen. Alle Gährungschemiker nehmen gegenwärtig die Existenz eines — bis nun freilich noch nicht in reinem Zustande dargestellten Körpers an — welchen man mit dem Namen Diastase belegt; dieser Körper bildet sich bei dem Keimen des Getreides und zeichnet sich ganz besonders durch die Eigenschaft aus, Stärkemehl in lösliche Form überzuführen, die entstandene lösliche Verbindung in Dextrin und weiter in gährungsfähigen Zucker zu verwandeln. Wir sind nun im Stande, die Diastase aus dem gekeimten Getreide mittels warmen Wassers auszuziehen und getrennt von dem Getreidekorn für sich allein die Umsetzung des Stärkemehles bewirken zu lassen. . . . Die Diastase hat in diesem Falle die Rolle eines chemischen Fermentes übernommen. . . . Wer aber wollte leugnen, daß dieses sogenannte chemische Ferment durch die Thätigkeit eines Organismus entstanden sei? Es fällt gewiß Niemanden ein, die invertirende Wirkung der Alkoholfermente einem Körper zuschreiben zu wollen, der mit den Gährungs-

organismen in keiner Beziehung steht, ebensowenig liegt ein Grund für die Annahme vor, das Diastase-Ferment nicht für das Produkt gewisser Zellen zu erklären, welche in dem keimenden Getreidekorn die Rolle echter Fermentzellen übernommen haben.

Ganz ähnliche Reflexionen lassen sich bezüglich jener Fermente machen, welche bei gewissen Gährungserscheinungen auftreten, die wir an anderen Pflanzensamen beobachten können; immer sind es gewisse Zellen, welche zu Fermentzellen werden, bestimmte Fermente entwickeln und gewisse Verbindungen zerlegen. Die Art dieser Verbindungen hängt selbstverständlich ganz von den Körpern ab, welche sich in den betreffenden Pflanzensamen vorfinden. Im Getreide kommt besonders Stärkemehl vor und wird dieses in Verbindungen umgesetzt, welche in Bezug auf ihre chemische Zusammensetzung in einem bestimmten Zusammenhange mit dem Stärkemehle stehen: Es bilden sich Kohlenhydrate, deren Zusammensetzung wenig Unterschiede von jener des Stärkemehles zeigt. . . . In den bitteren Mandeln finden wir abermals ein Ferment von specifischen Eigenschaften, welchem die Fähigkeit zukommt, einen den Mandeln eigenthümlichen Stoff — das Amygdalin zu vergähren — in diesen Samen müssen wir gleichfalls ein besonderes Ferment annehmen, welches wieder bestimmte Verbindungen zerlegt und daher besondere Gährungsprodukte bildet.

Wir kommen nach dem eben Gesagten zu dem Schlusse, daß sich jene Vorgänge, die man bis nun nicht als Gährungserscheinungen im eigentlichen Sinne des Wortes aufzufassen wagte — wie die Wirkung der Diastase in dem gekeimten Getreide, des Emulsines in den bitteren Mandeln ebenso gut zu den eigentlichen Gährungserscheinungen gezählt werden müssen, wie die Zerlegung des Zuckers durch eine Saccharomycesart; in beiden Fällen findet die Vergährung unter Mitwirkung lebender Zellen statt und liegt der Unterschied darin, daß wir bei den Saccharomycesarten annehmen müssen, der vergährend wirkende Körper lasse sich mit den uns zu Gebote stehenden Mitteln nicht unzersetzt von der lebenden Zelle trennen, während eine solche Trennung bei den Fermenten des Getreides, der Mandeln u. s. w. möglich erscheint; übrigens bietet das Invertin mit dem oben gemachten Vorbehalt bezüglich seiner chemischen Wirkung auch ein Beispiel dafür, daß man aus den Gährungsorganismen ebenfalls eine Verbindung abzuscheiden im Stande ist, welche auch außerhalb des Organismus, dem sie ihre Entstehung verdankt, Fermentwirkungen zu äußern vermag. Dem eben Gesagten zufolge würde daher die Gruppe von Fermenten, welche man bis nun von den organisirten Fermenten scheidet, mit letzterer zusammenfallen und wären alle Fermentwirkungen, gleichgültig ob sie innerhalb der lebenden Zelle vor sich gehen oder außerhalb derselben stattfinden, in eine Kategorie zu setzen.

Ein Umstand bleibt auch bei dieser Annahme unerklärt, nämlich die quantitative Wirkung beider Fermente. Wir wissen aus den Gesetzen der chemischen Wissenschaft, daß eine bestimmte Menge einer chemischen Verbindung im Stande ist, nur auf eine genau im Voraus zu bestimmende Menge einer anderen chemischen Verbindung einzuwirken. . . . Bei den sogenannten chemischen Fermenten trifft nun dieses Verhältniß nicht ein und vermögen dieselben so große Mengen von

gährungsfähigen Körpern zu vergähren, respective in andere überzuführen, daß wir nicht im Stande sind, die hierbei stattfindenden Vorgänge in die Reihe jener einzufügen, welche bei den gewöhnlichen chemischen Umsetzungen statthaben. . . . Es bleibt eigentlich nur ein einziger Ausweg übrig, diese Erscheinung einigermaßen den allgemeinen chemischen Gesetzen von den äquivalenten Mengen anzupassen; wir beeilen uns aber sogleich beizufügen, daß uns diese Erklärung selbst mangelhaft erscheint und derselben daher kein höherer Werth als der einer Hypothese beigemessen werden darf. Man kann sich nämlich vorstellen, daß jene Verbindungen, welche wir als Diastase, Emulsin u. s. w. bezeichnen, ein so hohes Moleculargewicht haben, daß es einer sehr lange andauernden Bewegung bedarf, bis sie in einfache Verbindungen übergeführt sind und daß eben diese Bewegung die Veranlassung zur Umsetzung jener Verbindungen ist, welche durch die Diastase, das Emulsin u. s. w. vergährt werden. Wir sehen, daß wir uns mit der Aufstellung dieser Hypothese sehr bedeutend der von Liebig aufgestellten Theorie über den Verlauf des Gährungsvorganges nähern, eine Theorie, die wir selbst nicht als richtig anerkennen. . . .

Jeder ehrliche Forscher muß nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens bekennen, daß uns zur Zeit noch die Mittel fehlen, um eine Erklärung dieser eigenthümlichen Erscheinungen zu geben, welche sich weder unter die rein chemischen Processe noch unter die chemisch-physiologischen Vorgänge, die wir als Gährungen im eigentlichen Sinne des Wortes bezeichnen, einreihen lassen — denn gerade die nicht in den Rahmen der Aequivalente passenden Verhältnisse sind es, welche das größte Hinderniß für die Aufstellung einer halbwegs die Probe haltenden Theorie über die fermentartigen Erscheinungen bieten. Wir wissen aus Versuchen, daß ein Theil jener Verbindung, die wir als Diastase bezeichnen, im Stande ist, mindestens 2000 Theile Stärkemehl in lösliche Verbindungen überzuführen — offenbar eine Menge, welche weit über jene hinausreicht, die sich aus den Moleculargewichten beider Körper, nach stöchiometrischen Verhältnissen gerechnet, ergeben würde. . . .

Bei jenen Gährungserscheinungen, welche wir als bestimmt unter dauernder Mitwirkung von Organismen annehmen müssen, fällt die Menge der umgesetzten Stoffe gar nicht in's Gewicht und wissen wir ja, daß dieselbe eigentlich eine unbegrenzte genannt werden muß, denn wir sehen, daß so lange die Verhältnisse in der Flüssigkeit derartig sind, daß sich die Fermentorganismen ernähren können, auch die Vermehrung derselben stattfindet; wir müssen ferner annehmen, daß jede Zelle des Gährungsorganismus im Stande sei, eine gewisse Menge Zucker in Alkohol und Kohlensäure überzuführen und bedürfen wir daher nur der Voraussetzung, daß die Verhältnisse derartige seien, um die Neubildung von Zellen fortwährend zu ermöglichen, um die Vergährung unbegrenzter Mengen von Zucker zu erklären. Dasselbe was wir hier zunächst für die Alkoholfermente als jene, welche die größte technische Bedeutung haben, angeführt haben, muß nothwendigerweise auch für das Essigferment, für das Milchsäureferment — mit einem Worte: für alle organisirten Fermente volle Geltung besitzen. Daß übrigens jeder Zelle von bestimmter Größe auch nur eine bestimmte chemische Wirkung

zukomme, ist mit Bestimmtheit anzunehmen, denn wir sehen, daß sich bei den Gährungen in Flüssigkeiten von gleicher Zusammensetzung neben einer gewissen Menge von Gährungsprodukten auch stets eine bestimmte Menge von Hefe — worunter hier blos die Gährungsorganismen verstanden sein sollen — bildet. Daß die Menge der neugebildeten Hefe nicht mit absoluter Genauigkeit in allen Fällen der Menge der Gährungsprodukte entspricht, hat wohl seinen Grund in unserer unvollkommenen Kenntniß der Gährungsvorgänge selbst und in der Unmöglichkeit, alle Verhältnisse, welche auf die Gährung und die Entwickelung der Organismen Einfluß haben — Concentration der Nährflüssigkeit, Temperatur u. s. w. immer in absolut gleicher Weise zu erhalten.

Wenn sich auch ein Band zwischen den eigentlichen Gährungserscheinungen und jenen finden läßt, welche man als durch sogenannte chemische Fermente bedingt annimmt — nämlich die Entstehung der fermentirend wirkenden Körper in lebenden Zellen — so können wir doch nicht umhin, zuzugeben, daß es gewisse rein chemische Prozesse giebt, welche eine unverkennbare Aehnlichkeit mit Gährungserscheinungen besitzen, bei welchen aber weder von der direkten noch indirekten Mitwirkung von Organismen die Rede sein kann.

Wir kennen sogar eine ziemlich große Reihe von chemischen Prozessen, welche hier zu erwähnen sind und stehen wir vor denselben, wie vor einem ungelösten Räthsel. Es hilft wenig, dieselben durch den von Berzelius erfundenen Vorgang der sogenannten Katalyse erklären zu wollen. Wir hatten in diesem Falle an die Stelle des Begriffes blos ein Wort gesetzt — es scheint uns des nach Wahrheit strebenden Forschers viel würdiger, in diesem Falle die absolute Unwissenheit einzugestehen.

Ein bekanntes Beispiel derartiger Vorgänge ist z. B. das Verhalten der Salpetersäure bei der Fabrikation von Schwefelsäure; bekanntlich giebt die Salpetersäure einen Theil ihres Sauerstoffes an die schwefelige Säure ab, welche hierdurch in Schwefelsäure übergeführt wird; die an Sauerstoff ärmer gewordene Stickstoffverbindung, welche zurück bleibt, nimmt neuerdings Sauerstoff aus der Luft auf, verwandelt sich hierdurch wieder in Salpetersäure, die neue Menge von schwefeliger Säure in Schwefelsäure überführen kann. Theoretisch reicht eine minimale Menge von Salpetersäure aus, um unbegrenzte Mengen von schwefeliger Säure in Schwefelsäure umzuwandeln. Es läßt sich nicht leugnen, daß dieser Vorgang eine gewisse Aehnlichkeit mit einer Gährungserscheinung hat, obwohl man denselben nicht in so enge Beziehung mit der Essiggährung bringen darf, wie man es mitunter gethan hat.

Bei der Essiggährung findet zwar auch eine Uebertragung des atmosphärischen Sauerstoffes auf den Alkohol und in Folge dessen die Umwandlung des letzteren in Essigsäure statt; es darf aber nicht vergessen werden, daß hierbei lebende Organismen mitwirken und läßt sich wohl annehmen, daß, ähnlich wie bei der Alkoholgährung, eine gewisse Hefemenge einer gewissen Alkoholmenge entspricht, auch eine gewisse Menge von Essigferment einer bestimmten Menge von Essigsäure äquivalent ist oder, mit anderen Worten, daß eine Zelle des Essigfermentes die Eigenschaft hat, während ihres Lebens eine bestimmte Menge von Alkohol

zu verdauen, respective in jene Produkte überzuführen, die wir in der vergohrenen Flüssigkeit nachweisen können.

Ein rein chemischer Vorgang, welcher sich mit jenen des Invertins vergleichen läßt, ist die Wirkung der Schwefelsäure auf den Alkohol bei der Aetherbildung. Das Invertin veranlaßt den Rohrzucker, Wasser aufzunehmen und hierdurch in gährungsfähigen Zucker überzugehen und scheint dem Invertin die Fähigkeit zuzukommen, nachdem es eine bestimmte Menge von Rohrzucker in gährungsfähigen Zucker übergeführt hat, neue Mengen desselben in gleicher Weise zu verändern, Prozesse zu veranlassen. Einen ganz ähnlichen Vorgang nimmt man bezüglich der Einwirkung der Schwefelsäure bei der Aetherbildung an: die Schwefelsäure vereinigt sich mit dem Aethyloxyde zu einer Verbindung, welche alsbald in Aethyloxyd und Schwefelsäure zerfällt, welch' letztere auf eine neue Menge von Alkohol in der gleichen Weise wirkt, so daß theoretisch abermals eine minimale Menge von Schwefelsäure ausreichend ist, um unbegrenzte Mengen von Alkohol in Aether überzuführen.

Außer den eben angeführten Thatsachen ließen sich noch mehrere anführen, bei welchen blos durch das Aufeinanderwirken gewisser chemischer Verbindungen Erscheinungen zu Tage treten, die nicht in den Rahmen der gewöhnlichen chemischen Prozesse zu bringen sind und in ihrem Verlaufe an die Wirkung der chemischen Fermente erinnern. Aber immer erscheint es uns von Wichtigkeit, jene Punkte besonders zu betonen, durch die sich die Thätigkeit der chemischen Fermente von jener gewisser chemischer Produkte unterscheidet und welche charakteristisch genug sind, um einen deutlichen Unterschied zwischen den beiden Vorgängen aufzustellen.

Wir finden nämlich, daß jene Fermente, welche wir als chemische bezeichnen und welche wir ebenfalls als Produkte eines Organismus ansehen müssen, nur innerhalb gewisser Temperaturgrenzen wirken, daß bei einem bestimmten Wärmezustande ihre Wirksamkeit am größten ist beim Ueberschreiten einer gewissen Grenze aber mit einem Male aufhört. Wir sehen hier etwas Aehnliches wie bei jenen Fermenten, welche wir unzweifelhaft als Organismen auffassen müssen; die Wirksamkeit derselben findet innerhalb gewisser Temperaturgrenzen statt, ist je nach der Art des Fermentes bei einer bestimmten Temperatur am stärksten und hört beim Ueberschreiten einer gewissen Temperatur mit einem Male auf — indem dadurch der Organismus getödtet wird.

In den Organismen findet in Folge der Ueberschreitung einer gewissen Temperatur eine Aenderung gewisser Verbindungen statt, welche zum Leben des Pilzes unentbehrlich ist; wir wissen nun, daß die Proteïnstoffe durch Erhitzen leicht in Verbindungen übergeführt werden können, welche — wenn auch nicht eine andere Zusammensetzung, so doch eine neue Form haben (das flüssige Hühner-Eiweiß geht beim Erhitzen in unlösliches Eiweiß über) und in dieser nicht mehr zur Ernährung des Organismus geeignet sind; derselbe muß daher mit einem Male seine Wirkungen für immer einstellen — er stirbt.

Die echten chemischen Fermente sind nun alle stickstoffhaltigen Körper und erscheint es höchst wahrscheinlich, daß der eigentlich wirksame Körper in den

Fermentmassen — man ist noch weit davon, denselben im reinen Zustande zu erhalten — seiner Constitution nach zu den Proteïnaten zu rechnen sei. Bis nun kennen wir aber kein anderes Mittel, Proteïnate zu bilden — als die Thätigkeit der Organismen und kommen wir wieder auf den Punkt zurück, daß auch die sogenannten chemischen Fermente in innigster Beziehung mit der lebenden Zelle stehen und sich von jenen Stoffen, die bei der Gährung durch Organismen wirken, nur dadurch unterscheiden, daß erstere bis nun nicht von dem sie produzirenden Organismus getrennt werden können, ohne ihre fermentirende Kraft einzubüßen. Uebrigens haben wir in dem schon früher beschriebenen Invertin der Alkoholfermente auch ein Beispiel, daß sich ein als chemisches Ferment wirkender Körper, von dem Organismus, dem er seine Entstehung verdankt, trennen läßt, ohne seine Fermentwirkung einzubüßen.

Die Bedeutung der chemischen Fermente ist für mehrere Gährungsgewerbe eine ungemein große — ein wichtiger Zweig derselben — die Malzfabrikation, beruht ausschließlich auf der Wirkung dieses Fermentes; die größte Wichtigkeit scheinen aber die chemischen Fermente für die Lebensprozesse der Thiere und der Pflanzen zu haben. Wir wissen, daß z. B. die Verdauung durch Fermente bewerkstelligt wird, welche wir als sogenannte Peptone bezeichnen — die zahllosen chemischen Prozesse der Umsetzung von gewissen Verbindungen, welche ohne Unterlaß bei der Entwicklung der Pflanzen stattfinden — dürften zum größten Theile durch die Wirkung von chemischen Fermenten bedingt werden . . . Das Feld, welches sich hier der Forschung eröffnet, ist gegenwärtig gar nicht zu übersehen — wir können aber nur von der Bearbeitung desselben die Lösung mancher Fragen erwarten — die uns heute noch als ungelöste Räthsel entgegenstehen. Wir können selbstverständlich nicht auf die Arbeiten, welche in dieser Richtung bisher angestellt wurden, näher eingehen, sondern müssen uns darauf beschränken, hier blos jene chemischen Fermente zu besprechen, welche von technischer Wichtigkeit sind.

Die Diastase.

Wenn wir ein Getreidekorn sich selbst überlassen, so bleibt es bekanntlich in trockener Luft unverändert, und vermag seine Keimkraft eine gewisse Zeit hindurch beizubehalten. Nach einiger Zeit verliert es aber die Eigenschaft zu keimen vollständig, und tritt dies bestimmt nach einigen Jahren ein. Wir müssen in diesem Falle wohl annehmen, daß jene Körper, welchen bei der Keimung die Rolle des chemischen Fermentes zukommt, schon in Folge des längeren Lagerns des Samenkornes eine solche Veränderung erleiden, daß ihre Constitution eine ganz andere wird — jedenfalls die Fähigkeit, das in den Samenkörnern vorhandene Stärkemehl umzusetzen, gänzlich verloren geht. Wir wissen noch nichts über die chemischen Vorgänge, welche sich in diesem Falle innerhalb des Samenkornes vollziehen, und scheint der Sauerstoff hierbei eine gewisse Rolle zu spielen. Bringen wir das Samenkorn aber in Verhältnisse, welche überhaupt die Entwickelung von Organismen begünstigen — das heißt, führen wir demselben Wasser

in größerer Menge zu, und erhalten wir zugleich eine gewisse Temperatur, so sehen wir, daß sich das Samenkorn zu entwickeln anfängt, und sich in demselben von dem Momente angefangen, in welchem sich das Leben in ihm zu regen beginnt, fortwährend eigenthümliche chemisch-physiologische Prozesse in demselben vollziehen, die wir unter dem Gesammtnamen des Keimprozesses begreifen. Die treibende Kraft, welche die Entwickelung des Samenkornes bedingt, liegt in einem Körper, für welchen man den Namen Diastase gewählt hat, und welcher schon in geringen Mengen in dem Samenkorne vorhanden sein soll, ehe dasselbe noch zu keimen beginnt. Daß dies wirklich der Fall sein müsse, ist leicht begreiflich — denn wie sollte man überhaupt den Beginn des Keimprozesses erklären, wenn man nicht die Gegenwart eines Körpers voraussetzen wollte, der den Anstoß zur beginnenden Veränderung giebt?

Die geringe Menge von Diastase, welche sich ursprünglich in dem Samenkorne vorfindet, muß sich bei der Keimung des Getreidekornes ungemein stark vermehren — ein Umstand, welcher ganz begreiflich erscheint, indem bekanntlich der Diastase die Aufgabe zufällt, alle in dem Samenkorne vorhandenen Nährstoffe in solche Form zu bringen, daß sie dem Pflanzenkeim zur Ernährung dienen können, und derselbe sich soweit entwickeln kann, daß er als selbstständige Pflanze seine Nahrung selbst zu suchen im Stande ist.

Es ist Gebrauch geworden, jenes chemisches Ferment, welches sich in den Samenkörnern der Getreide ausbildet, mit dem speciellen Namen Diastase zu bezeichnen. Es ist aber leicht einzusehen, daß beinahe in allen Pflanzen Fermente vorkommen müssen, die in Bezug auf ihre Wirksamkeit die größte Aehnlichkeit mit der Diastase zeigen und auch in Bezug auf ihre Zusammensetzung derselben sehr nahe stehen.

Wenn wir den Versuch machen, die Wirksamkeit der Diastase in ihren weitesten Grenzen festzustellen, so können wir nur sagen, daß diese Wirksamkeit besonders darin bestehe, daß Stärkemehl in solche Körper umgewandelt werde, welche sich in Wasser lösen und zur Ernährung von Organismen dienen können, denn wir wissen, daß die Organismen — respective die Zellen nur im Stande sind, flüssige Körper zu assimiliren. Wir sehen uns daher genöthigt, in allen grünen Pflanzen Fermente anzunehmen, denen die Eigenschaft zukommt, Stärkemehl in Lösung überzuführen — denn wir finden in allen Samenkörnern bedeutende Mengen von Stärkemehl aufgespeichert, welche dem Keim gleichsam als Reservenahrung für die erste Entwicklung mitgegeben ist — ähnlich so wie dem Thiere das Eiweiß als erste Nahrung dient, die es schon im Ei selbst vorfindet.

Wir finden aber nicht nur, daß die Samen an und für sich besonders reich an Stärkemehl sind, sondern daß alle jene Theile der Pflanze, welche dazu bestimmt sind, bei der nächsten Wachsthumsperiode eine rasche Entwickelung durchzumachen, auch eine bedeutende Menge von Stärkemehl gegen Ende der Wachsthumsperiode anhäufen, welche eben die Reserve für den Beginn der neuen Vegetationsperiode bildet. Wir finden z. B., daß die Triebe des Weinstockes im Vorfrühlinge einen außerordentlichen Reichthum an Stärkemehl besitzen — sobald sich aber die Knospe an dem Weinstocke zu entwickeln anfängt, verschwindet auch

das Stärkemehl sehr rasch, und müssen wir annehmen, dasselbe werde durch die Wirkung eines der Diastase ähnlichen Fermentes allmälig in Lösung gebracht.

In der That findet man auch in allen Pflanzentheilen, welche für die Fortentwickelung der Pflanze von Bedeutung sind, Körper vor, deren Eigenschaften jene der chemischen Fermente überhaupt sind; was die chemische Zusammensetzung dieser Fermente anlangt, so wissen wir freilich bis nun ungemein wenig über dieselbe und stehen beiläufig in dieser Beziehung auf jenem Standpunkte, welchen wir in unserer Kenntniß der Proteïnate überhaupt einnehmen. Die sorgfältigsten chemischen Analysen weisen mitunter zwischen zwei Proteïnaten Unterschiede in der Zusammensetzung nach, welche scheinbar ganz geringfügige sind, die aber dennoch eine hohe Bedeutung haben müssen, indem die beiden Körper Eigenschaften zeigen, die weit von einander abweichen. Wenn man daher vorsichtig sein will, so kann man überhaupt nur von diastatischen Körpern sprechen und allenfalls von Gersten-Diastase — Weizen-Diastase u. s. w. reden — denn es ist noch nie festgestellt, ob das diastatische Ferment, welches wir in der Gerste antreffen, wirklich identisch mit jenem ist, welches sich in dem Weizenkorne ausbildet.

Die Verbreitung der diastatischen Fermente ist wahrscheinlich eine so weit im Pflanzenreiche ausgedehnte, als überhaupt in den Pflanzen Stärkemehl producirt wird — denn wäre kein Ferment vorhanden, welches diesen Körper in lösliche Form zu bringen im Stande ist, so müßten wir denselben als einen für den betreffenden pflanzlichen Organismus unbrauchbaren Körper — als ein Auswurfsprodukt, ansehen; die Erfahrung lehrt aber, daß diese Stärkemehlmengen beim Wiederbeginn der Vegetation abermals aufgebraucht werden, und bleibt keine andere Annahme übrig, als jene die Gegenwart eines Körpers anzunehmen, welchem die Eigenschaft zukommt, das Stärkemehl in lösliche Körper umzusetzen.

Die Verbreitung der diastatischen Fermente erreicht aber nicht einmal ihre Grenze mit der Grenze des Pflanzenreiches und finden wir im Thierkörper ebenfalls Fermente, welchen die Fähigkeit zukommt, Stärkemehl in lösliche Form zu bringen; der Speichel, der Magensaft, der Darmsaft der höheren Thiere enthält derartige Fermente und ist es aus der Gegenwart derselben leicht zu erklären, daß Stärkemehl als Nahrung für den Thierkörper dienen kann. Von einer Seite ist sogar die Behauptung aufgestellt worden, daß das Brunnenwasser ein diastasisches Ferment enthalte und zwar stützt sich diese Behauptung auf die Wahrnehmung, daß Stärkekleister — in Brunnenwasser vertheilt, flüssig werde, während er in destillirtem Wasser nicht verflüssigt wird. Obwohl hinter dieser Angabe ein sehr bedeutender Name steht — dieselbe rührt von Dubrunfaut her — müssen wir dennoch die Richtigkeit derselben sehr in Zweifel ziehen und vielmehr den Versuch machen, die eben genannte, allerdings merkwürdige Erscheinung auf andere Art als durch die Gegenwart eines wie Diastase wirkenden Fermentes zu erklären.

Wir wissen, daß das Brunnenwasser neben freier Kohlensäure auch noch stets gewisse Salze enthält; es ist uns bekannt, daß Säuren die Eigenschaft

haben, Stärkemehl in lösliche Körper überzuführen — es erscheint uns viel natürlicher, die Wirkung dieser Körper — (wenn der Kohlensäure diese Eigenschaft abgeht, so kann sie möglicher Weise einem in der Flüssigkeit enthaltenem sauren Salze zukommen) — durch die Wirkung der in dem Quellwasser gelösten Mineralstoffe zu erklären, als die Anwesenheit einer hochzusammengesetzten stickstoffhaltigen Verbindung in demselben anzunehmen. Es ist übrigens auch denkbar, daß die Umsetzung des Stärkemehles geradezu durch Spaltpilze stattfindet, welche aus der Luft in die stärkemehlhaltige Flüssigkeit gelangen. — Daß auch unter dieser Voraussetzung Stärkemehl, welches in destillirtem Wasser vertheilt ist, nicht in lösliche Körper verwandelt wird, läßt sich aus dem Umstande erklären, daß in diesem Falle die Spaltpilze nicht jene Mineralstoffe in der Flüssigkeit vorfinden, deren sie zu ihrer Ernährung bedürfen, während ihnen diese Körper in dem Quellwasser zur Verfügung stehen.

Man hat viele Versuche gemacht, die Diastase in völlig reinem Zustande darzustellen — es steht aber bis nun noch nicht völlig bewiesen, daß man in jenen Präparaten, welche man als reine Diastase bezeichnet, auch wirklich nur eine einzige chemische Verbindung vor sich habe — oder was wahrscheinlicher zu sein scheint, ob dieselbe aus mehreren Verbindungen bestehe, unter welchen sich jene vorfindet, die wir eigentlich als Diastase zu bezeichnen haben. Zur Darstellung jenes Körpers, welchen man als Diastase bezeichnet, behandelt man gekeimtes Getreide mit lauem Wasser, wobei eine größere Menge von Stoffen in Lösung geht; die Lösung wird vorsichtig bis auf 70 Grade erhitzt — wobei man sich vor dem Ueberschreiten dieser Temperatur zu hüten hat, indem sonst die Diastase selbst Veränderungen erleidet — und scheiden sich aus derselben beim Erkalten Flocken ab, welche aus Proteïnstoffen bestehen, die bei der angegebenen Temperatur in die unlösliche Modification übergehen. Die von dem Niederschlage getrennte Flüssigkeit wird mit einer geringen Menge von Alkohol versetzt, wodurch eine Fällung entsteht, welche die Diastase vermischt mit anderen Körpern enthält; um sie zu reinigen, löst man sie wiederholt in lauem Wasser und scheidet sie durch Alkohol wieder aus. Die letztgenannte Operation darf aber nicht zu oft wiederholt werden, weil sonst die Diastase entschieden an fermentirender Kraft verliert.

Man erhält schließlich ein weißes Pulver ohne Geruch und Geschmack, welches sich leicht in Wasser löst, durch Alkohol aber sofort aus der Lösung abgeschieden wird und eine sehr wechselnde Zusammensetzung besitzt. Die analytischen Untersuchungen über die Diastase beziehen sich zumeist auf den Stickstoffgehalt und schwanken die Angaben bezüglich des Stickstoffgehaltes der Diastase zwischen 3 und 15 Percenten. Der große Unterschied, welcher zwischen den Mengen dieses scharf in einer Verbindung bestimmbaren Elementes in der sogenannten Diastase besteht, zeigt uns schon deutlich genug, daß keines jener Präparate, welche als Diastase bezeichnet werden, auf Reinheit Anspruch machen kann und jede sogenannte Diastase ein Gemisch mehrerer Körper ist. Nach den Untersuchungen von Dubrunfaut soll reine Diastase, deren Stickstoffgehalt zwischen 7 und 8 Percenten liegt, die größte Fermentwirkung haben, das heißt,

im Stande sein, die größte Menge von Stärkemehl in lösliche Verbindungen überzuführen.

Nach neueren Versuchen läßt sich Diastase rein darstellen, indem man Malzschrot mit Alkohol extrahirt, den Rückstand mit Glycerin behandelt, durch welches die Diastase in Lösung geführt wird. Versetzt man diese Lösung, nachdem sie mit Wasser verdünnt und filtrirt worden, mit starkem Alkohol, so fällt die Diastase als weißes Pulver aus der Flüssigkeit und wird durch Waschen mit absolutem Alkohol völlig von Glycerin befreit. Das Präparat ist in diesem Zustande noch nicht völlig rein, wird aber von den anhaftenden Peptonen befreit, indem man es im Wasser löst und die Lösung mit einem Gemenge von Aether und Alkohol fällt. Die Diastase wird auf diese Art als kreideweißes Pulver erhalten, welches schon bei 40 Grad Stärkemehl völlig zu verflüssigen vermag. Die Elementaranalyse der nach diesem Verfahren dargestellten Diastase ergab:

Kohlenstoff	47,57
Wasserstoff	6,49
Stickstoff	5,14
Sauerstoff / Schwefel \	37,64
Asche	3,16

Ehe wir auf die eigentliche Fermentwirkung der Diastase übergehen, müssen wir die Verhältnisse besprechen, unter welchen dieselbe ihre fermentirende Thätigkeit auszuführen im Stande ist und findet hier ein interessantes Verhalten bezüglich der Temperaturgrenzen statt, innerhalb welcher sich noch eine Wirkung der Diastase wahrnehmen läßt. Die niedrigste Temperatur, bei welcher die Diastase eine lösende Wirkung auf Stärkemehl auszuüben vermag, ist wohl jene, bei welcher das Keimen des Getreidekornes im Boden stattfinden kann und dürfte diese Temperatur beiläufig bei 15 Graden liegen. Wie sich aber alle chemischen Processe bei niederer Temperatur nur langsam vollziehen, so geschieht dies auch mit der Wirkung der Diastase; es sei übrigens bemerkt, daß man in Flüssigkeiten, welche Diastase in Lösung erhalten, noch eine Wirkung derselben bei einer dem Eispunkte naheliegenden Temperatur beobachtet hat.

Mit der Zunahme der Temperatur steigert sich auch die Wirkung der Diastase in außerordentlicher Weise und scheint der günstigste Wärmegrad zwischen 60 und 65 Graden zu liegen. . . . Ueber 70 Grade erhitzt, vermindert sich die Wirkung der Diastase wieder sehr rasch und verschwindet bei 80 Graden vollständig, indem bei dieser Temperatur die Diastase in die unlösliche Form übergeht oder gerinnt. Aus den eben genannten Temperaturgrenzen für die Wirksamkeit der Diastase ersehen wir, daß sich dieselbe nicht mit jener der organisirten Fermente, insoweit dieselben den höheren derartigen Organismen angehören, in Vergleich bringen läßt, indem diese Fermente in nassem Zustande schon bei einer Temperatur getödtet werden, welche tiefer liegt als jene, bei welcher die Diastase ihre kräftigste Wirkung auszuüben im Stande ist. Nur in den Spaltpilzen finden wir Organismen, welche wahrscheinlich auch bei jenen Temperaturen zu leben vermögen, welche von der Diastase ertragen werden — Ob den Spaltpilzen auch

die Fähigkeit zukommt, bei einer 60—70 Grade betragenden Temperatur fermentirende Wirkungen zu äußern, ist noch nicht näher untersucht.

Wir haben schon an früheren Orten wiederholt darauf hingewiesen, daß die Gährungsprodukte, welche durch organisirte Fermente hervorgerufen werden, innerhalb gewisser Grenzen verschiedene sind, je nachdem die Temperatur, innerhalb welcher sich der Gährungsvorgang vollzog, eine andere war und finden wir bei der Wirkung der Diastase bei verschiedenen Temperaturen ein ähnliches Verhältniß, dessen wir bei Besprechung der Produkte, welche in Folge der Wirkung der Diastase entstehen, noch näher gedenken werden.

Die Wirksamkeit der Diastase wird außer durch eine Erhitzung, welche 75—78 Grade überschreitet, auch durch die Gegenwart gewisser chemischer Verbindungen aufgehoben und sind in dieser Beziehung am besten die Wirkungen gewisser Säuren und einiger Salze etwas eingehender studirt worden. Die Säuren, sowohl die Milchsäure, als auch die organischen Säuren wirken in der Weise auf die Diastase ein, daß sie dieselbe unwirksam machen; man hat diese Erscheinung mit dem Gerinnen der Eiweißkörper durch Säuren in Beziehung gebracht; es ergiebt sich aber bei der Diastase ein sehr wesentlicher Unterschied in dem Verhalten gegen Säuren. Bekanntlich bleiben die Eiweißkörper, welche einmal durch die Zufügung einer Säure unlöslich geworden sind, unlöslich, auch wenn man die Säure neutralisirt, indeß die unwirksam gewordene Diastase wieder zur Wirksamkeit gelangt, wenn man die Einwirkung der Säure durch Neutralisiren derselben aufhebt.

Der Einfluß der Säuren auf die Wirksamkeit der Diastase ist namentlich für das Brennereigewerbe von großer Wichtigkeit; um in den Branntweinmaischen eine möglichst vollständige Lösung zu bewirken, benutzt man die Wirkung der Milchsäure auf die stickstoffhaltigen Körper, welche sich in den eingemaischten Stoffen vorfinden, indem man Hefe anwendet, welche Milchsäureferment enthält. Bis zu einer gewissen Grenze nimmt die Gegenwart der Milchsäure keinen beachtenswerthen schädlichen Einfluß auf die Wirkung der Diastase; sobald aber die Milchsäure in zu großer Menge vorhanden ist, äußert sich der nachtheilige Einfluß derselben sehr deutlich. Es wird zwar alles vorhandene Stärkemehl in Lösung übergeführt, ohne daß jedoch die Umsetzung so weit ginge, daß die größte Menge der aus dem Stärkemehl hervorgegangenen löslichen Substanz wirklich in gährungsfähigen Zucker übergeführt wird. Man kann in diesem Falle die Wahrnehmung machen, daß bei einem und demselben Materiale und bei Anwendung eines und desselben Verfahrens die Ausbeute an Alkohol plötzlich sinkt, was ein Beweis dafür ist, daß die Gegenwart der Milchsäure schon störend auf die Wirkung der Diastase gewirkt habe. Fügt man einer Diastaselösung eine Gerbstofflösung zu, so entsteht, wie in Eiweißlösungen, eine Fällung, welche nach dem Trocknen zwar noch verzuckernde Wirkungen äußert, welche aber so geringe sind, daß sich das Präparat nicht zur Darstellung des Fermentes für Fabrikzwecke eignet, wofür es von Dubrunfaut empfohlen wurde.

Die Diastase zeigt eine bedeutende Empfindlichkeit gegen die Einwirkung der Alkalien, mögen dieselben entweder in freiem Zustande oder an Kohlensäure

gebunden sein, in allen Fällen bewirken sie das völlige Unthätigwerden der Diastase; in ähnlicher Art wirken die Salze aller schweren Metalle. Gewisse indifferente Salze nehmen auf die Wirkung der Diastase einen hemmenden Einfluß; nach den diesbezüglichen Versuchen von Nasse vermag eine vierpercentige Lösung von Chlorkalium die Fermentwirkung der Diastase so stark zu beeinträchtigen, daß an Stelle von 100 Theilen Stärke nur 15 in lösliche Form gebracht, respective in Zucker übergeführt werden. Andere Salze setzen zwar der Diastasewirkung ein geringeres Hemmniß entgegen, ohne daß sich jedoch aus den vorliegenden Untersuchungen ein allgemein gültiges Gesetz für die Wirkung gewisser Gruppen von Salzen ableiten ließe. Nach Nasse's Versuchen ergeben sich die folgenden Zahlen, welche bei Anwendung von vierpercentigen Lösungen gefunden wurden.

Die Diastasewirkung (Ueberführung des Stärkemehls in Zucker = 100 gesetzt) ergiebt sich:

Bei Zusatz von 4 pCt.	In Zucker übergeführtes Stärkemehl
Schwefelsaures Ammonium	104
Chlorammonium	102
Salpetersaures Ammonium	97
Schwefelsaures Kalium	90
Schwefelsaures Natrium	81
Salpetersaures Kalium	77
Salpetersaures Natrium	71
Chlornatrium	53
Chlorkalium	15.

Temperatur und Concentration der Flüssigkeit, in welcher die Diastase auf Stärkemehl einwirkt, üben sowohl auf die entstehenden Produkte, als auch auf die Zeit, welche zum Vollzuge dieser Wirkung nothwendig ist, einen sehr wesentlichen Einfluß aus; wenn auch diese Einflußnahme eine von jener verschiedene ist, welche diese Factoren auf die organisirten Fermente nehmen, so läßt sich eine gewisse Aehnlichkeit zwischen beiden nicht verkennen. Wenn wir die Wirkung der Diastase als vollständig anerkennen, wenn sie den weitest gehenden Umsetzungsproceß, den sie überhaupt bewirken kann, vollendet, das ist Stärkemehl in gährungsfähigen Zucker verwandelt, so finden wir, daß dies am besten bei einer Temperatur geschieht, welche beiläufig 60 bis 65 Grade beträgt. Man erhält in diesem Falle aus je vier Theilen Stärkemehl drei Theile von gährungsfähigem Zucker (Maltose) und einen Theil Dextrin.

Läßt man hingegen die Diastase bei einer Temperatur von etwas über 70 Graden wirken, so vermindert sich die Menge der Maltose sehr bedeutend und erhält man gewöhnlich gleiche Theile von Maltose und Dextrin. Ueberschreitet man die Temperatur von 70 Graden, so macht man auch die Wahrnehmung, daß die Zeit, welche zur Umsetzung erforderlich ist, mit der Erhöhung der Temperatur zunimmt und wird die Umänderung um so langsamer, je mehr man sich der Grenze nähert, bei welcher die Diastase überhaupt durch Gerinnen

(bei 80 Graden) völlig unwirksam wird. Wie sich aus dem eben Gesagten ergiebt, müssen wir annehmen, daß die Diastase, wenn wir sie als Ferment betrachten, bei verschiedenen Temperaturen andere Mengen derselben Gährungsprodukte hervorbringt; bei den organisirten Fermenten ist bekanntlich nicht so sehr die Menge, als die Art der Gährungsprodukte eine andere, wenn man die Fermente bei verschiedenen Temperaturen wirken läßt.

Bezüglich der Wassermengen scheint die Diastase ziemlich unempfindlich zu sein, obwohl es auch in dieser Beziehung gewisse feststehende Grenzen giebt; man weiß aber aus der praktischen Erfahrung, daß man bei Einhaltung der richtigen Temperatur im Stande ist, in Maischen, deren Concentration bis gegen 30 Percente geht, alles Stärkemehl vollkommen in Lösung überzuführen; es darf aber nicht unbemerkt bleiben, daß in diesem Falle der ganze Proceß mit einer gewissen Langsamkeit verläuft, welche deutlich darauf hinweist, daß sehr hoch concentrirte Lösungen nicht die geeignetsten für die Wirkung der Diastase sind.

Die Produkte der Diastasewirkung.

Von dem Augenblicke an, in welchem sich die Chemiker überhaupt ernsthaft mit dem Studium der Fermentwirkungen beschäftigten, mußte nothwendiger Weise die Wirkung der Diastase auf das Stärkemehl in den Kreis der diesbezüglichen Untersuchungen gezogen werden; der Umstand, daß wir die Diastase als eine chemische Verbindung oder als ein Gemenge von solchen anzusehen haben, blieb zu jener Zeit ganz ohne Bedeutung; denn wie wir gezeigt haben, ist unsere Kenntniß der organisirten Fermente noch sehr jungen Datums und fiel es keinem Chemiker ein — Erxleben ausgenommen —, die Fermente, respective die Hefe als etwas anderes denn als gewisse chemische Verbindungen von besonderen Eigenschaften zu betrachten. Nach den ältesten Untersuchungen über diesen Gegenstand (von Kirchhoff herstammend, 1812 veröffentlicht) äußert sich die Wirkung der Diastase auf das Stärkemehl in der Weise, daß je ein Aequivalent Stärkemehl durch Aufnahme von einem Aequivalente Wasser vollständig in gährungsfähigen Zucker übergehe:

$$\underbrace{C_6\,H_{10}\,O_5}_{\text{Stärkemehl}} + \underbrace{H_2\,O}_{\text{Wasser}} = \underbrace{C_6\,H_{12}\,O_6}_{\text{Zucker.}}$$

Diese Anschauung hat beiläufig so viel Werth als die Gay-Lussac'sche über die alkoholische Gährung; beide Gleichungen, die Gay-Lussac'sche und jene von Kirchhoff, geben nur die rohen Umrisse des Vorganges, der sich in beiden Fällen vollzieht. Man wußte schon in verhältnißmäßig früher Zeit, daß das Stärkemehl nicht unmittelbar in gährungsfähigen Zucker übergehe, sondern gewisse Zwischenstufen durchlaufe und erkannte auch bald, daß das Dextrin ein Körper sei, welcher constant bei der Einwirkung von Diastase auf Stärkemehl auftrete; da man die Wahrnehmung machte, daß sich die Menge des Dextrins bei länger andauernder Einwirkung der Diastase in der Flüssigkeit vermindere, so stellte man den Satz auf: das Dextrin sei nichts anderes als eine Uebergangsstufe zwischen Stärkemehl und gährungsfähigem Zucker.

Die Ansichten, welche von verschiedenen Chemikern über dieses Verhältniß ausgesprochen wurden, sind ziemlich weit von einander abweichend und scheint es erst in neuester Zeit gelungen zu sein, diese für die Praxis der Gährungsgewerbe hochwichtige Frage zu einer genügenden Lösung zu bringen. Man hat nämlich gefunden, daß der Vorgang der Umwandlung des Stärkemehls in gährungsfähigen Zucker keineswegs ein so einfacher sei, wie man früher annehmen wollte, sondern daß derselbe im Gegentheil eine Menge von Zwischenstufen zeige, welche durch das Auftreten bestimmter Körper bedingt werden.

Aus sehr sorgfältig durchgeführten Versuchen wissen wir mit Bestimmtheit, daß jener Körper, welchen wir als Stärkemehl im eigentlichen Sinne des Wortes zu bezeichnen haben, entschieden in Wasser unlöslich, somit auch nicht gährungsfähig ist; es ist aber auch bekannt, daß sich bei längerem Erwärmen der Stärke mit Wasser ein Körper bildet, welcher in Wasser löslich ist, sonst aber alle Eigenschaften der Stärke zeigt; man hat denselben mit dem Namen der löslichen Stärke bezeichnet. In Folge der Einwirkung der Diastase auf das Stärkemehl entsteht zuerst lösliche Stärke, welche aber rasch in andere Verbindungen übergeführt wird. Diese Verbindungen haben zwar alle die gleiche Zusammensetzung — jene der Dextrine: $C_6 H_{10} O_5$ — unterscheiden sich aber sehr wesentlich durch ihre besonderen physikalischen und chemischen Eigenschaften von einander; wir haben sie demnach in eine Gruppe sogenannter isomerer Verbindungen zu rechnen, ein Verhältniß, welches bei jenen Verbindungen, die man als Kohlehydrate im Allgemeinen zusammenfaßt, sehr häufig vorkommt.

Neue Untersuchungen haben es so ziemlich außer Zweifel gesetzt, daß sich bei der Wirkung von Diastase auf Stärkemehl stets gährungsfähiger Zucker und ein Körper bilde, welchen man als Dextrin per eminentiam bezeichnet. Einige Forscher behaupten nun, das Dextrin sei eine so constante Verbindung, daß sie durch die Fermentwirkung nicht weiter verändert werde, während andere die Ansicht aussprechen, daß das Dextrin zwar nicht direkt gährungsfähig sei, sich aber dennoch in Zucker umwandeln lasse. In der Praxis macht man die Beobachtung, daß in einer Flüssigkeit, welche ursprünglich Stärkemehl enthielt, durch die Wirkung der Diastase Zucker und Dextrin in einem bestimmten Verhältnisse gebildet worden war, die Menge des Dextrins beständig abnimmt, indeß sich die Menge des Zuckers entsprechend vergrößert — eine Erscheinung, welche wohl annehmen läßt, daß sich das Dextrin auch noch weiter durch die Einwirkung der Diastase zu verändern vermag.

Wir haben oben hervorgehoben, daß die Wirkung der Diastase auf das Stärkemehl eine verschiedene je nach der Temperatur ist, welcher die Flüssigkeit ausgesetzt wurde und lassen sich hierdurch wohl die einander widersprechenden Resultate erklären, die von verschiedenen Chemikern bezüglich der Mengen von Dextrin und Zucker gefunden wurden, welche bei der Wirkung von Diastase auf Stärkemehl erhalten werden können.

Nach älteren Angaben sollte die Wirkung der Diastase auf Stärkemehl nach folgender Gleichung vor sich gehen:

$$3\,C_6 H_{10} O_5 = 2\,(C_6 H_{10} O_5) + C_6 H_{12} O_6$$

Stärkemehl Dextrin Zucker

Dieser von Musculus aufgestellten Gleichung zufolge würden aus drei Molecülen Stärkemehl zwei Molecüle Dextrin und nur ein Molecül Zucker entstehen, ein Resultat, welches nicht mit der praktischen Erfahrung im Einklang gebracht werden kann; um dasselbe nur annähernd zu erklären, muß man annehmen, daß entweder eine sehr wenig wirksame Diastase zu dem Versuche verwendet wurde oder daß bei demselben eine sehr hohe Temperatur in Anwendung gekommen sei — oder daß beide Factoren zugleich darauf gewirkt haben, daß sich eine große Menge Dextrin, aber nur eine kleine Menge von Zucker gebildet habe, daß somit der ganze Umsetzungsprozeß in unvollkommener Weise vor sich gegangen sei. Die Mehrzahl der Analysen, welche über die Mengen von Zucker und Dextrin, die sich bei der Einwirkung von Diastase auf Stärkemehl bilden vorliegen, weisen eine viel größere Menge von Zucker im Verhältnisse zur Dextrinmenge nach und waren einige Chemiker geneigt, die oben angegebenen Zahlen Kirchhoff's, nach welchen schließlich Nichts als Zucker vorhanden sein konnte, als jene anzusehen, welche der Wahrheit am nächsten kommen.

Nach den Untersuchungen von Schwarzer verläuft der Prozeß der Einwirkung der Diastase auf das Stärkemehl in verschiedener Weise, je nach der dabei herrschenden Temperatur: von dem Eispunkte an, bei welchem die Diastase allerdings noch Wirkungen äußert, wenngleich dieselben sehr langsam stattfinden, bis zur Temperatur von 60 Graden, soll der chemische Prozeß in der Weise vor sich gehen, daß auf ein Molecül Zucker ein Molecül Dextrin gebildet wird, somit:

$$2\,C_6H_{10}O_5 + H_2O = C_6H_{12}O_6 + C_6H_{10}O_5$$

Stärkemehl Wasser Zucker Dextrin

Bei einer Temperatur, welche höher als 60 Grade liegt, stellt sich nach Schwarzer das Verhältniß zwischen Dextrin und Zucker in der Weise, daß drei Molecüle Stärkemehl in Wirksamkeit treten und zwei Molecüle Dextrin und ein Molecül Zucker ergeben:

$$3\,C_6H_{10}O_5 = C_6H_{12}O_6 + 2\,C_6H_{10}O_5$$

Stärkemehl Zucker Dextrin

Nach Märcker und Schulze, welche in Gemeinschaft Untersuchungen über die Wirkung der Diastase auf verschiedene stärkemehlhaltige Körper angestellt haben und besonderen sehr verdienstvollen Arbeiten von Märcker stellt sich das Verhältniß zwischen Zucker und Dextrin, wie es durch die Wirkung der Diastase bei verschiedenen Temperaturen hergestellt wird, in ganz anderer Weise. Nach Märcker treten bei einer Temperatur bis zu 65 Graden bei der Wirkung der Diastase vier Molecüle Stärkemehl und zwei Molecüle Wasser in Wechselwirkung und entstehen hierbei drei Molecüle gährungsfähiger Zucker und ein Molecül Dextrin:

$$4\,C_6H_{10}O_5 + 2\,H_2O = C_{18}H_{34}O_{17} + C_6H_{10}O_5$$

Stärkemehl Wasser Maltosezucker Dextrin

Liegt jedoch die Temperatur über 65 Graden, so sollen 6 Aequivalente

Stärkemehl mit zwei Aequivalenten Wasser in Wechselwirkung treten und auf ein Aequivalent gährungsfähigen Zucker drei Aequivalente Dextrin entstehen:

$$6\,C_6\,H_{10}\,O_5 + 2\,H_2\,O = C_{18}\,H_{34}\,O_{17} + 3\,C_6\,H_{10}\,O_5$$

Stärkemehl Wasser Maltosezucker Dextrin

Die Zahlen, welche Märcker gefunden hat, lassen scheinbar gar keine Uebereinstimmung mit den Ergebnissen der Untersuchungen früherer Zeiten zu; in Wirklichkeit besteht aber eine solche Uebereinstimmung und kommen namentlich die Schwarzer'schen Untersuchungen jenen von Märcker sehr nahe, wenn man eine Thatsache berücksichtigt, welche durch lange Zeit übersehen wurde. Man hielt nämlich den durch die Einwirkung von Diastase auf Stärkemehl entstandenen Zucker für völlig identisch mit dem sogenannten Traubenzucker und bestimmte demzufolge auch die Menge des durch die Diastase gebildeten Zuckers immer nach derselben Methode, nach welcher man den Traubenzucker bestimmt. Märcker hat nun gefunden, daß hierin die Fehlerquelle liege, welche die nothwendige Ursache dafür war, daß die Mengen des Zuckers bei den früheren Untersuchungen — wenngleich dieselben richtig ausgeführt waren — stets fehlerhaft berechnet wurden. Wenn man nämlich Traubenzucker bestimmt, so geschieht dieses gewöhnlich auf die Weise, daß man denselben mit einer alkalischen Lösung von Kupferoxyd zusammenbringt, und vermögen 100 Theile Traubenzucker 220,5 Theile Kupferoxyd zu reduciren. Die Zuckerart, welche aber durch die Diastase aus dem Stärkemehl gebildet wird, ist zwar direkt gährungsfähig, ohne jedoch mit dem Traubenzucker identisch zu sein; sie unterscheidet sich von diesem sowohl in Bezug auf ihre Zusammensetzung, als auch in Bezug auf ihre sonstigen Eigenschaften. Ihrem Ursprunge nach bezeichnet man diese Zuckerart als Maltose und hat gefunden, daß ihre Fähigkeit, Kupferoxyd zu reduciren, geringer ist, als jene des Traubenzuckers; das Verhältniß stellt sich in der Weise, daß der Maltose genau zwei Drittel der Reductionsfähigkeit des Traubenzuckers zukommen; während demnach 100 Theile Traubenzucker 220,5 Theile Kupferoxyd zu reduciren vermögen, werden durch 100 Theile Maltose nur 147 Theile Kupferoxyd reducirt. Diesem Verhältnisse entsprechend ist Märcker sowohl zu der Zusammensetzung der Maltose als auch zu den oben angegebenen Gleichungen gelangt.

Die von Märcker gefundenen Resultate stimmen sehr wohl mit den in der Praxis aufgefundenen Mengen von gährungsfähigem Zucker überein; daß aber mit den Untersuchungen Märcker's die Frage über den chemischen Vorgang, welcher bei der Einwirkung der Diastase auf Stärkemehl stattfindet, noch keineswegs endgültig gelöst ist, geht aus einer Aeußerung Märcker's selbst hervor; derselbe sagt wörtlich Folgendes:

„Die endgültige Feststellung der diastasischen Gleichung fehlt bis jetzt noch und diese Frage muß als eine Lücke in der Kenntniß der chemischen Vorgänge der Spiritusfabrikation bezeichnet werden".

Die Maltose.

Die Maltose scheint hauptsächlich als ein Produkt der Diastasewirkung auf Stärkemehl aufzutreten und sind wir demzufolge der Ansicht, daß wir diese Ver-

bindung nicht blos als ein Kunstprodukt zu betrachten haben, sondern dasselbe auch in jedem Getreidekorne antreffen müssen, welches in der Erde seinen Keimungsprozeß durchmacht; ebenso wie sich in dem ungekeimten Getreidekorne eine wenn auch geringe Menge von Diastase nachweisen läßt, wird sich — wenn auch nur als ein sich rasch veränderndes Produkt — die Maltose beobachten lassen.

Der Hauptunterschied zwischen Traubenzucker (Dextrose) und Maltose liegt neben der Zusammensetzung, welche freilich von verschiedenen Autoren verschieden angegeben wird, hauptsächlich in den physikalischen Eigenschaften. Die Maltose löst sich schwieriger in Alkohol als die Dextrose und dreht die Polarisationsebene des Lichtes drei Mal stärker als die Dextrose. Sie ist direkt gährungsfähig und steht in dieser Eigenschaft mit der Dextrose auf einer und derselben Stufe. Kocht man Stärkemehl mit verdünnten Sauren, so wird immer Maltose gebildet, die aber als solche nur durch kurze Zeit vorhanden ist, indem sie durch die länger andauernde Einwirkung der Säure in Dextrose übergeführt wird; man findet daher nach längerem Kochen von Stärkemehl mit einer verdünnten Säure in der Flüssigkeit nur Dextrose vor.

Dubrunfaut hielt die Maltose noch in Bezug auf die chemische Zusammensetzung für völlig identisch mit der Dextrose und gab ihr die Formel $C_6 H_{12} O_6$; Schulze und Sullivan berechneten dieselbe als $C_{12} H_{32} O_{11} + H_2 O$ und Märcker mit $C_{18} H_{34} O_{17}$.

Das Dextrin.

Die oben angegebenen Gleichungen, welche die Wirkung der Diastase versinnlichen, zeigen schon deutlich, daß bei der Einwirkung der Diastase auf Stärkemehl neben einer direct gährungsfähigen Zuckerart — der Maltose, stets eine gewisse Menge von Dextrin entstehe. Die Menge von Dextrin, welche sich in der Flüssigkeit bildet, hat für die Industrie eine große Bedeutung, und zwar ist diese Bedeutung eine verschiedene für verschiedene Zweige der Gährungstechnik. Dem Spiritusfabrikanten ist es hauptsächlich darum zu thun, die Wirkung der Diastase auf das Stärkemehl so weit als möglich gehend zu machen — das heißt, die größte Ausbeute an Zucker zu erreichen, welche sich überhaupt erzielen läßt — anders ist es aber bei dem Bierbrauer; dieser wünscht hauptsächlich, daß durch die Diastase alle in dem Malze enthaltenen Körper verflüssigt werden, ohne daß er jedoch ein großes Gewicht darauf zu legen hat, daß diese Stoffe soweit möglich in gährungsfähigen Zucker umgesetzt werden, indem es für seine Zwecke nur erforderlich ist, eine verhältnißmäßig geringe Menge der löslichen Stoffe des Malzes in Alkoholgährung zu versetzen.

Dem eben Gesagten zu Folge ersehen wir, daß die Frage: ob das Dextrin die Eigenschaft besitze, ebenfalls in gährungsfähigen Zucker überzugehen, hauptsächlich für den Spiritusfabrikanten von größter Bedeutung ist; nach genauen Versuchen kann man bei möglichst vollständiger Wirkung der Diastase 75 Percente des in der Maische vorhandenen Stärkemehles vergähren; wenn es gelänge, das

Dextrin rasch vollständig vergähren zu machen, so würde hierdurch die Ausbeute an Alkohol um volle 25 Percente erhöht werden können.

Nach den Versuchen von Barfoed scheint es nicht zweifelhaft zu sein, daß das Dextrin zu jenen Körpern gehöre, welche direct gährungsfähig sind, indem es dem Genannten gelang, möglichst reines Dextrin in Alkoholgährung zu versetzen — obwohl sich nach den Versuchen ergiebt, daß das Dextrin in allen Fällen ein Körper sei, welcher nur ziemlich schwierig in Gährung überzuführen ist. Die letztgenannte Thatsache hat nun für jene Zweige der Gährungstechnik, welche immer des Malzes bedürfen — große Bedeutung.

Es ist eine bekannte Sache, daß die Fabrikanten von Spiritus alle möglichen Mittel anwenden, um die Gährung ihrer Maischen in kürzester Zeit verlaufen zu machen, und ist man in Bezug auf die kurze Gährungsdauer der Branntweinmaischen zu dem Ergebnisse gekommen, daß die Vergährung des Dextrines unter gewöhnlichen Verhältnissen während dieser Zeit eine so minimale sei, daß sie in der Praxis total vernachlässigt werden kann. Bei dem Biere walten aber ganz andere Verhältnisse; bekanntlich bleibt das Bier gegenwärtig in der Mehrzahl der Brauereien durch längere Zeit auf dem Lager liegen, und dauert die Wirkung der Hefe — wenn auch durch die niedere Temperatur, welche die Lagerkeller haben, sehr verringert, dennoch fort. Man weiß nun aus der Erfahrung, daß Biere, welche durch sehr lange Zeit auf dem Lager bleiben, einen weinartigen Charakter annehmen, und sich eine Vermehrung des Zuckers in denselben nachweisen läßt. Man schreibt diese Vermehrung vielfach der Wirkung der Hefe auf das Dextrin zu, und können wir uns eine solche nur dadurch erklären, daß entweder das in den Gährungsorganismen enthaltene Invertin oder ein anderes Produkt dieser Organismen die Fähigkeit habe, Dextrin in gährungsfähigen Zucker zu verwandeln.*)

Diesen Beobachtungen stehen aber die Ergebnisse einer höchst interessanten Versuchsreihe gegenüber, welche Märcker angestellt hat, und liegt der Schwerpunkt dieser Untersuchungen in folgenden Sätzen, welche wir Märcker's ausgezeichnetem Werke über die Spiritusfabrikation entnehmen:

Eine Vergährung des Dextrins ist nur möglich, wenn sich neben den Fermentorganismen in der gährenden Flüssigkeit noch Diastase befindet, welche ihre Eigenschaften ungeschwächt erhalten hat.

Sollen die 25 Percente Dextrin, welche sich in einer möglichst vollständig vergohrenen Flüssigkeit noch vorfinden, in Form von Alkohol erhalten werden, so muß man darauf achten, die in der Flüssigkeit vorhandene Diastase nicht in ihren Eigenschaften zu schwächen, sondern dieselbe unverändert zu erhalten.

Auf der Erhaltung der Eigenschaften der Diastase beruht die Möglichkeit das gährungsfähige Material vollständig auszunützen, und bildet demnach die Erhaltung der Diastase eine der wichtigsten Aufgaben des Brennereitechnikers.

---

*) Nach Märker ist aber die scheinbare Vermehrung des Zuckers der fehlerhaften Annahme der bisherigen Rechnungen, bei welchen der Zucker als Dextrose und nicht als Maltose angenommen wurde, zuzuschreiben.

Märcker belegt diese Sätze mit einer Reihe von Zahlen, welche kaum mehr einen Zweifel an der Richtigkeit der ersteren zulassen, und scheint hierin ein ungemein großer Fortschritt in der Praxis der Gährungsgewerbe gethan zu sein. Aber auch in Bezug auf die Gährungstheorie bieten die Märcker'schen Sätze manchen lichtvollen Punkt, indem sich aus denselben von selbst ergiebt, daß in einer gährenden Flüssigkeit neben dem chemisch-physiologischen Processe, welcher durch die Fermentorganismen bewirkt wird, ungestört auch ein zweiter nebenher gehen kann, den wir als durch ein chemisches Ferment veranlaßt sehen. Wir müssen uns nämlich bei Annahme der Märcker'schen Sätze vorstellen, daß durch die in der Flüssigkeit noch vorhandene Diastase fort und fort eine Umsetzung des Dextrins in Maltose stattfinde — die neugebildete Maltose wird dann in normaler Weise vergährt, und scheint dieser Vorgang besonders lebhaft zu werden, wenn die in der Flüssigkeit vorhandene Maltose schon zum größten Theile vergährt ist.

Es wurde schon oben hervorgehoben, daß die Fähigkeit der Diastase, Stärkemehl in Zucker überzuführen, durch verschiedene Einflüsse verringert oder selbst ganz vernichtet werden könne, und ist der erste und wichtigste Factor, dem hierbei eine Rolle zukommt, die Temperatur. Märcker kommt auf Grund seiner Versuche zu dem Schlusse, daß eine Temperatur, bei welcher die Diastase zwar noch ihre Eigenschaften, Stärkemehl vollkommen zu verflüssigen, in ungeschwächtem Maße besitzt, doch schon ausreichend sei, um die Diastase in dem Punkte zu schädigen, den er als die nachwirkende Kraft der Diastase bezeichnet — unter welchem Ausdrucke die Fähigkeit der Diastase zu verstehen ist, Dextrin in Maltose überzuführen. Es läßt sich daraus entnehmen, daß es im Interesse einer möglichst großen Ausbeute an Alkohol gelegen ist, die Diastase in den Maischen bei einer Temperatur wirken zu lassen, welche so niedrig gewählt werden muß, als sich dies überhaupt mit der diesem Processe zugewendeten Zeit vereinbaren läßt, und daß nach erfolgter Zuckerbildung jede länger andauernde Erwärmung oder gar Erhöhung der Temperatur zu vermeiden sei.

Als zweiten Factor, welcher auf die nachwirkende Kraft der Diastase einen schädlichen Einfluß nimmt, hat Märcker die Gegenwart der Milchsäure in den gährenden Maischen gefunden, und haben seine Versuche sicher gestellt, daß die Gegenwart einer geringen Menge von Milchsäure schon theilweise lähmend auf die nachwirkende Kraft der Diastase einwirke — eine etwas bedeutendere Menge dieser Säure jedoch im Stande sei, diese Eigenschaft der Diastase gänzlich aufzuheben.

Ohne daß wir hier auf die Bedeutung dieser Sätze für die Praxis des Brennerei-Betriebes näher eingehen können, wollen wir nur erwähnen, daß dieselben schon an und für sich deutliche Fingerzeige geben, in welcher Weise der Betrieb abzuändern ist, wenn man dahin arbeitet, die größte überhaupt erreichbare Ausbeute an Alkohol in einer Maische zu erzielen. Der erste Theil der Diastasewirkung, bei welcher aus dem Stärkemehl Dextrin und Maltose gebildet wird, muß bei möglichst niederer Temperatur verlaufen, und sollen die gährenden Maischen eine auf das Minimum herabgedrückte Menge an Milchsäure enthalten.

Die Zwischenprodukte der Diastasewirkung.

Wenn wir eine der vorstehend angeführten Gleichungen in's Auge fassen, — vergleiche Seite 289 u. ff. — so können wir aus denselben entnehmen, daß der chemische Proceß, welchen die Diastase hervorruft, sich in der Entstehung der nachstehenden Produkte äußert: Stärkemehl — Dextrin — Maltose — im ersten Theile des Processes;

Dextrin — Maltose — im zweiten Theile des Processes, in welchem die nachwirkende Kraft der Diastase zur Geltung kommt.

Eingehenden Untersuchungen zufolge, welche über diesen Gegenstand angestellt wurden, wissen wir aber, daß dieser Darstellung beiläufig ebenso viel Richtigkeit innewohnt, als dem Ausspruche: Bei der Alkoholgährung werde aus dem gährungsfähigen Zucker Alkohol und Kohlensäure gebildet. In dem letztgenannten Proceß sind zwar Alkohol und Kohlensäure die in größter Menge auftretenden Produkte, welche aber stets noch von anderen constant auftretenden — wie Glycerin und Bernsteinsäure — begleitet werden. Bei dem Vorgange der Diastasewirkung können wir Dextrin und Maltose, respective Maltose allein, nur als die Endglieder einer längeren Reihe von Umsetzungsprodukten bezeichnen, die somit alle zusammen zu jenen Produkten gezählt werden müssen, welche der Wirkung der Diastase ihre Entstehung verdanken; nachdem aber diese Produkte nur durch kurze Zeit in der Maische vorhanden sind und bald in Maltose oder Dextrin übergehen, so wollen wir sie als Zwischenprodukte bezeichnen. Wir wissen, daß eine Jodlösung mit Stärkemehl zusammengebracht, höchst charakteristische Reactionen mit diesem Körper liefert und wendet man diese Reactionen als unentbehrliches Hülfsmittel an, um sich über den Fortgang der Diastasewirkung ein Bild zu verschaffen.

Bringt man Jodlösung mit Stärkemehl bei gewöhnlicher Temperatur zusammen, so zeigt sich alsogleich eine intensiv blaue Färbung und ist diese Reaction von solcher Schärfe, daß man dieselbe allgemein anwendet, um die geringsten Spuren von Stärkemehl oder von Jod nachzuweisen. Erwärmt man die blaue Flüssigkeit, welche nach Zusatz von Jodlösung zu Stärkekleister entsteht, so verschwindet die blaue Färbung vollständig und tritt erst wieder beim Abkühlen der Flüssigkeit hervor. Bei genauem Verfolg der eben geschilderten Reaction zeigen sich aber Erscheinungen, welche darauf hinweisen, daß sich in der Flüssigkeit vorübergehend Körper bilden, welche zwar ebenfalls mit Jod zusammengebracht, eine Farbenreaction geben, die sich aber deutlich von jener des Stärkemehles unterscheidet. Wir verdanken die betreffenden Untersuchungen den Arbeiten von Brücke und Nägeli junior und ist nach diesem der Vorgang, welcher bei der Einwirkung von Diastase auf Stärkemehl stattfindet, folgender: Das in der Flüssigkeit in gequollener Form — verkleistert — vorhandene Stärkemehl geht zuerst durch die Wirkung der Diastase in einen Körper über, welcher noch die Eigenschaften des Stärkemehles besitzt, mit Ausnahme jener der Unlöslichkeit in Wasser — er löst sich leicht auf und ist darum als lösliches Stärkemehl bezeichnet worden.

Das lösliche Stärkemehl verhält sich gegen Jod so wie das unlösliche — es giebt die bekannte Reaction von blauer Farbe.

In Folge der fortdauernden Einwirkung der Diastase geht das lösliche Stärkemehl in einen Körper über, welcher den Namen Amylodextrin erhalten hat; setzt man der Flüssigkeit, wenn der Proceß einmal bis zu dieser Stufe gediehen ist, Jodlösung zu, so entsteht nicht mehr eine blaue, sondern eine violette Reaction. Im weiteren Verlaufe der Einwirkung der Diastase macht man die Wahrnehmung, daß die violette Reaction immer eine in eine rothe übergeht, bis sie endlich rein roth erscheint; die Flüssigkeit enthält dann Erythrodextrin, welche Verbindung ein Umsetzungsprodukt des Amylodextrin ist.

Nach längerer Einwirkung der Diastase nimmt die Rothfärbung der Flüssigkeit auf Zusatz von Jodlösung immer mehr ab und endlich zeigt sich gar keine Farbenerscheinung mehr; die Flüssigkeit bleibt auf Zusatz von Jodlösung völlig farblos und enthält dann Achroodextrin oder gewöhnliches Dextrin, welches gegen Jod unempfindlich ist. Die eben erwähnten Reactionen der Flüssigkeit, in welcher das Diastaseferment wirkt, lehren, daß man es bei der Umsetzung des Stärkemehles in Maltose und Dextrin mit mindestens drei Zwischenprodukten zu thun habe: dem löslichen Stärkemehl, dem Amylodextrine und dem Erythrodextrine.

Wir erwähnten schon an früherer Stelle, daß wir in Bezug auf die Entstehung der Diastase eigentlich keinen Unterschied zwischen diesem Fermente und jenen wahrnehmen, welche durch die Alkohol-Fermentorganismen producirt werden. — Eines der Produkte der organisirten Fermente, das Invertin, läßt sich sogar genau so wie die Diastase für sich allein zur Wirksamkeit bringen — d. h. man kann es von den Zellen, in welchen es entstanden ist, trennen und selbstständig auf Zucker wirken lassen. Wir legen besonderes Gewicht auf den Umstand, daß die Diastase ein Körper ist, welchen wir als das Produkt eines Organismus ansehen müssen, indem wir kein anderes Mittel kennen, Diastase zu produciren, als daß wir Getreidesamen keimen lassen; es erscheint uns ganz gleichgültig, ob ein als Ferment wirkender Körper von einem sehr niederen Organismus producirt wird, der blos aus einer einzigen Zelle besteht, wie dies bei den Alkoholfermenten der Fall ist — oder ob derselbe durch den Proceß entstanden ist, der sich in einem Complexe vieler Zellen vollzieht — wie dieses in dem keimenden Getreidekorn der Fall ist.

In dem einzelligen Organismus ist es nicht erforderlich, daß sich das Ferment außer den Organismus begebe — es vermag innerhalb desselben alle seine Funktionen zu erfüllen und betrachten wir überhaupt den Gährungsvorgang als einen solchen, welchen die Pflanze ihrer selbst willen, d. h. ihrer Ernährung wegen vollzieht. Wir können uns daher denken, daß die als Ferment wirkende Verbindung in den Alkoholfermenten ihre ganze Wirksamkeit innerhalb der Zelle leistet und diese die neuen Verbindungen, welche aus der Zerlegung der Fermentverbindungen hervorgegangen sind, nebst den eigentlichen Gährungsprodukten — die in diesem Falle als echte Verdauungsprodukte anzusehen sind, abscheidet.

Etwas anders stellt sich das Verhältniß, wenn ein Ferment seine Wirksamkeit in einem größeren Zellencomplexe äußern soll, wie uns z. B. das keimende Getreidekorn einen solchen darstellt. In diesem Falle handelt es sich darum, einen bestimmten Theil des Samenkornes — nämlich den Keim mit möglichst vieler Nahrung zu versehen, indem ja von der Ausbildung des Keimes die Erreichung des Zweckes des Samenkornes: eine neue Pflanze zu bilden, abhängig ist. Die Ernährung des Keimes kann aber nur in der Weise erfolgen, daß demselben Nährstoffe in flüssiger Form zugeführt werden und sehen wir daher als eine der Vorbedingungen der Entwickelung des Keimes die Gegenwart von Wasser, ohne die wir uns kein Auskeimen eines Samenkornes denken können. Die erste Thätigkeit, welche die Keimung eigentlich erst einleitet, muß nun darin bestehen, die vorräthigen Nährstoffe in Lösung zu bringen und kann dies nur dadurch stattfinden, daß das in gewissen Zellen gebildete Ferment — die Diastase — aus diesen heraustritt und Stärkemehl in lösliche Form verwandelt, in der es dem Keime zur Nahrung zu dienen vermag. Während bei der einzelligen Pflanze nicht das Bedürfniß vorhanden ist, daß das Ferment aus der Zelle heraustrete, indem es seine Wirkung vollständig innerhalb derselben auszuüben vermag, erscheint diese bei den mehrzelligen Organismen geradezu unerläßlich und scheint uns in dieser Erwägung auch die Erklärung zu liegen, daß sich das specifische Ferment der keimenden Getreidesamen leicht durch Wasser extrahiren läßt und unabhängig von dem Organismus seine Wirkung zu üben vermag, indeß den Fermenten der einzelligen Gährungspflanzen diese Fähigkeit abgeht: Nur das Invertin macht hiervon eine Ausnahme und ließe sich vielleicht hieraus der Schluß ziehen, daß die Alkoholfermente nicht im Stande seien, eine Lösung von nicht gährungsfähigem Zucker — Rohrzucker — durch ihre Zellhülle diffundiren zu lassen und demzufolge, um das Nahrungsmittel in geeigneter Form zu erhalten, das Invertin abscheiden, welches gewissermaßen durch die Inversion des Rohrzuckers die Nahrung einer Vorbereitung unterwirft und dieselbe in solche Form bringt, daß sie von den Fermentorganismen aufgenommen werden kann. Wir wissen aus den vorhergehenden Darstellungen, daß die Membranen der Alkoholfermente gegen gewisse Proteïnate, z. B. gegen Hühnereiweiß, eine sehr geringe Diffusionsfähigkeit zeigen und die betreffenden Körper in Folge dessen nur schlechte Nahrung für die Organismen abgeben; es liegt kein Grund vor, welcher uns hindern könnte, anzunehmen, daß die Membranen der Alkoholfermente sich in ähnlicher Weise gegen Rohrzucker verhalten und sich in den Organismen ein Ferment, gleichsam als Hülfskörper, welcher auch außerhalb der Zelle selbst wirken kann — das Invertin — ausbildet, das den Rohrzucker in gährungsfähigen Zucker überführt.

Wir kennen gegenwärtig schon eine ziemlich große Zahl von Fermenten, die aus höheren Pflanzen gewonnen wurden, und welche sämmtlich mit der Diastase die Eigenschaft theilen, auch außerhalb des Organismus, der sie produzirte, ihre Fermentwirkung beizubehalten, und müssen wir annehmen, daß überhaupt allen Fermenten, welche in höher organisirten Pflanzen entstehen, diese Eigenschaft zukommen müsse.

Bevor wir unsere Besprechung der Diastase schließen, wollen wir noch einige

Worte über die Temperatur beifügen, bei welcher die Diastase ihre Wirkung äußert. Wir wissen aus der Erfahrung, daß zum Keimen der Getreidesamen eine Temperatur von beiläufig 15 Graden erforderlich ist; wenn aber einmal der Keimprozeß begonnen hat, so kann die Temperatur unter die angegebene Grenze erniedrigt werden, ohne daß der Keimprozeß unterbrochen wird. Wir finden dieses Verhältniß beim Keimen des Getreides unter natürlichen Verhältnissen, das heißt bei der Entwicklung des Samens in der Erde vor. Die Wirkung der Diastase vollzieht sich bei dieser Temperatur zwar sehr langsam aber so vollkommen, daß schließlich auch die letzte Spur von Stärkemehl verschwindet und in andere Verbindungen übergeführt wird.

Eine Temperatur, welche aber so niedrig ist, setzt auch, wie eben gesagt, eine lange andauernde Einwirkung der Diastase auf das Stärkemehl voraus, und kann man in der Praxis nicht unter solchen Verhältnissen arbeiten. Man muß vielmehr den Prozeß der Diastasewirkung so viel wie möglich beschleunigen und geht gewöhnlich mit der Wärme bis nahe zur Grenze, bei welcher die Wirkung der Diastase völlig erlischt. Es wurde gezeigt, daß unter diesen Verhältnissen die Diastase stets in ihrer Wirkung geschwächt werde, und die Umsetzung des Dextrines bei der nachfolgenden Gährung der Maische nicht vollkommen stattfindet. Es erscheint daher im Interesse einer möglichst großen Alkoholausbeute zu empfehlen, in der Praxis die Diastase bei etwas niederer Temperatur wirken zu lassen, indem der hierdurch sich ergebende Verlust an Zeit durch eine höhere Ausbeute reichlich aufgewogen wird.

Andere chemische Fermente.

Unter allen Körpern, die man mit dem Namen der chemischen Fermente bezeichnen kann, kommt der Diastase unstreitig die größte technische Bedeutung zu, und ist dies wohl auch die Ursache, daß dieses Ferment unter allen demselben ähnlichen Körpern noch am besten studirt ist. Es ist aber leicht einzusehen, daß es eine sehr große Zahl von chemischen Fermenten geben müsse, indem wir in beinahe allen Pflanzen, welche Körper enthalten, die mit einander in Beziehung stehen, solche Fermente annehmen müssen, welche die Ursache der Umsetzung verschiedener Verbindungen in andere sind. Es giebt bekanntlich eine ganze Reihe von Verbindungen, welche wir mit dem Sammelsammen der Glucoside bezeichnen, und welche alle die Eigenschaft gemein haben, sich unter gewissen Verhältnissen in Zucker und in eine neue Verbindung zu zerlegen — das Amygdalin der Mandeln, die verschiedenen Gerbstoffe, die Bitterstoffe (Populin, Aesculin, Phloricin, Solanin, Salicin u. s. w.) zerfallen alle unter dem Einflusse gewisser chemischer Fermente, die sich in den Pflanzen, in welchen die genannten Verbindungen vorkommen, entwickeln, und läßt sich gewissermaßen der ganze Entwicklungsprozeß eines Samenkornes und theilweise auch die Ernährung der Pflanze selbst auf die Wirkung chemischer Fermente zurückführen.

Wir müssen uns hier darauf beschränken, an einigen Beispielen die Wirkung

dieser Fermente zu zeigen, und wählen hierfür jene Vorgänge, denen ein gewisses technisches Interesse zukommt.

Das Emulsin oder die Synaptase.

Dieses Ferment, welches in den Mandeln vorkommt, läßt sich aus denselben abscheiden — wobei aber freilich auch nicht die Gewißheit gegeben ist, daß man das Ferment in völlig reinem Zustande vor sich habe. Um Emulsin zu bereiten, werden süße Mandeln durch kräftige Pressen möglichst von Fett befreit, zerstoßen und mit Wasser zu einer dünnen Milch angerührt. Nach einigen Stunden haben sich die in Wasser unlöslichen Theile an der Oberfläche der Flüssigkeit in Form einer rahmartig aussehenden Schichte abgeschieden, und wird die Flüssigkeit durch Filtriren von derselben getrennt. Die Lösung wird mit Essigsäure vermischt, wodurch Legumin ausgeschieden wird. Zu der von dem Legumin getrennten Flüssigkeit fügt man Alkohol, wodurch das Emulsin gefällt wird.

Der Niederschlag, welchen man auf diese Weise erhält, ist weit davon entfernt, reines Emulsin zu sein, und enthält derselbe gewöhnlich eine sehr bedeutende Menge von phosphorsaurem Kali. Daß das in ihm enthaltene Emulsin noch fremde Körper enthalte oder schon theilweise in einen unlöslichen Körper umgewandelt worden sei, beweist der Umstand, daß sich die Masse nicht mehr vollkommen in Wasser löst. Aehnlich wie die Diastase verliert das Emulsin, welches beim Erhitzen nicht gerinnt, durch Einwirkung von Wärme seine Fermentwirkung vollständig; es zeigt sich aber hierbei ein Unterschied, je nachdem man die Lösung des Emulsins oder den festen Körper selbst erwärmt. Die Lösung büßt beim Erhitzen zum Sieden alle Wirkung ein, das feste Ferment soll aber Kochhitze ertragen können, ohne hierdurch geschädigt zu werden. Ueberläßt man eine Lösung von Emulsin sich selbst, so erleidet sie selbst Vergährung, und finden sich unter den Zersetzungsprodukten bedeutende Mengen von Milchsäure vor. Diese Selbstzersetzung des Emulsins ist aber wahrscheinlich nur eine scheinbare, indem sich in der Flüssigkeit mit Hülfe des Mikroskopes Organismen nachweisen lassen.

Das Emulsin enthält bedeutende Mengen von Stickstoff und ist in demselben auch Schwefel nachgewiesen worden; es weicht aber in Bezug auf seine percentische Zusammensetzung bedeutend von den Proteïnkörpern ab. Die Elementaranalyse des Emulsins ergab nach Abzug der unverbrennlichen Bestandtheile:

100 Theile Emulsin enthalten:

Kohlenstoff	42,9
Wasserstoff	7,1
Stickstoff	11,5
Sauerstoff	37,3
Schwefel	1,2
	100,0.

Das Emulsin mit Amygdalin in wässeriger Lösung zusammengebracht, bewirkt

unter Wasseraufnahme Seitens des Amygdalins eine Spaltung des letzteren in Zucker, Blausäure und Bittermandelöl.

$$\begin{array}{lll} \text{Amygdalin} & = & C_{20}\ H_{27}\ N\ O_{11} \\ \hline \text{Blausäure} & = & C\ \ H\ \ N \\ \text{Bittermandelöl} & = & C_7\ \ H_6 - O \\ \text{Zucker} & = & \begin{cases} C_6\ \ H_{12} - O_6 \\ C_6\ \ H_2 - O_6 \end{cases} \\ \text{Wasser} & = & \begin{cases} -\ \ H_2 - O \\ -\ \ H_2 - O \end{cases} \\ \hline & = & C_{20}\ H_{27}\ N\ O_{11} + 2\,H_2\ O. \end{array}$$

In ähnlicher Weise findet durch ein chemisches Ferment eine Umwälzung des Salicins in Saligenin und Zucker statt:

$$\begin{array}{lll} \text{Salicin} & = & C_{13}\ H_{18}\ O_7 + H_2\ O \\ \hline \text{Saligenin} & = & C_7\ \ H_8\ \ O_2 \\ \text{Zucker} & = & C_6\ \ H_{12}\ O_6. \end{array}$$

Gerbstofflösungen werden durch verdünnte Säuren und auch durch die Fermentwirkung echter Schimmelpilze ebenfalls in eine neue Verbindung, Gallussäure und in Zucker zerlegt.

$$\begin{array}{lll} \text{Gerbstoff} & = & C_{27}\ H_{22}\ O_{17} + 4\,H_2\ O \\ \hline \text{Gallussäure} & = & 3\,(C_7\ \ H_6\ \ O_5) \\ \text{Zucker} & = & C_6\ \ H_{12}\ O_6. \end{array}$$

Auf ähnliche Weise bildet sich durch Wirkung eines chemischen Fermentes aus der Myronsäure, welche sich in dem Senfsamen vorfindet, Senföl, wenn man die gemahlenen Samen mit lauem Wasser behandelt u. s. w.

Die hier angeführten Beispiele zeigen zur Genüge, welche außerordentlich wichtige Rolle den chemischen Fermenten in der Pflanzenwelt zukommt und sind dieselben muthmaßlich die Ursache der zahllosen Umsetzungsprodukte, welche wir in höheren Pflanzen vorfinden.

Nicht minder zahlreich und wichtig für die Entwickelung und Ernährung des Thierkörpers scheint eine große Reihe von chemischen Fermenten zu sein, welche unter dem Namen der Peptone zusammengefaßt werden und die Eigenschaft besitzen, coagulirtes Eiweiß, Fleisch, Käsestoff u. s. w. in lösliche Form überzuführen. Nachdem die Besprechung dieser Fermente in das Gebiet des Physiologen und Arztes gehört, so können wir uns in diesem Werke darauf beschränken, diese Körper einfach zu erwähnen; wir sehen jedoch, daß sich die Wirkung der Fermente in der weiteren Bedeutung des Wortes wie ein rother Faden durch die ganze Reihe jener Vorgänge hinzieht, durch welche die Entwickelung und Ernährung der Organismen, das ist das Leben selbst, bedingt wird.

XV. Die Gährungstheorie Nägeli's.

In jüngster Zeit hat der um die Lehre von den Gährungserscheinungen so vielfach verdiente Gelehrte C. Nägeli eine Theorie über das Wesen der Gährungserscheinungen im Allgemeinen veröffentlicht, welche die ganze Frage von einem so neuen und hoch interessanten Standpunkte behandelt, daß es in einem Werke, welches den Zweck hat, alle Ansichten, die über das Zustandekommen der Gährung überhaupt bis in die neueste Zeit ausgesprochen wurden, zusammen zu fassen, unbedingt nothwendig erscheint, dieselbe zu besprechen. Obwohl Nägeli seine Theorie auf das Ergebniß langjähriger Studien und Untersuchungen aufbaut und jeden seiner Aussprüche durch Versuche zu beweisen trachtet, ist es begreiflich, daß es gegenwärtig noch ganz unmöglich erscheint, über den Werth dieser neuesten Theorie ein endgültiges Urtheil abzugeben.

Ein solches Urtheil wird erst dann möglich sein, wenn andere Beobachter die Versuche Nägeli's wiederholt und auf Grundlage ihrer Beobachtungen zu denselben Ergebnissen gelangt sein werden, wie Nägeli, oder daß sie aus ihren Arbeiten eine Widerlegung dieser neu ausgesprochenen Anschauungen finden. Wie sich auch die Frage gestalten mag, immerhin ist die Aufstellung der neuen Lehrsätze ein für die Erklärung der Gährungsvorgänge hochwichtiges Ereigniß zu nennen, indem in derselben gewiß ein mächtiger Impuls für neue Arbeiten gelegen ist, durch welche das Dunkel, das bezüglich noch so mancher Frage herrscht, immer mehr und mehr gelichtet wird und zu hoffen steht, daß wir jener Zeit, in welcher nicht mehr eine Theorie erscheint, um alsbald von einer anderen gestürzt zu werden, immer ferner kommen und endlich in der Anschauung über das Zustandekommen der Gährung eine unanfechtbar dastehende Theorie geschaffen wird.

Wir haben uns bemüßigt gesehen, die Theorie Nägeli's erst an dieser Stelle in ihren Hauptpunkten zu besprechen, weil dieselbe die Kenntniß aller vorhergehenden Theorien und jene der Wirkungsweise der chemischen Fermente als bekannt voraussetzt. Nägeli wendet sich vorerst zu der kritischen Besprechung der wichtigsten bis nun bekannt gewordenen Theorien und unterscheidet besonders die

Theorie Liebig's (chemische Theorie), die bis zur Veröffentlichung der Theorie Pasteur's allgemein angenommene Theorie der chemisch-physiologischen Thätigkeit der Gährungsorganismen im Allgemeinen und endlich die sogenannte Sauerstoff-Entziehungs-Theorie Pasteur's. Wir können die Grundzüge dieser Theorien bei unseren Lesern als bekannt voraussetzen und bemerken, daß namentlich die neueste Theorie von Pasteur (die Gährung ist das Leben ohne freien Sauerstoff) bis in die neueste Zeit als die allgemein gültige angesehen wurde. In ähnlicher Weise, wie dies Pasteur bei seiner Gährungstheorie gethan hat, sucht auch Nägeli seine Anschauung in einen einzigen Satz zusammen zu fassen, der im weitesten Sinne genommen, für jeden Gährungsvorgang maßgebend ist, und bezeichnet seine Theorie als die molecular-physikalische, indem nach derselben sowohl die Molecule der zu vergährenden Körper, als jene der Fermentzelle in Wechselwirkung treten. Der Hauptsatz Nägeli's lautet:

Gährung ist die Uebertragung von Bewegungszuständen der Molecule, Atomgruppen und Atome verschiedener Verbindungen, des lebenden Plasma's oder Zellinhaltes (welche hierbei chemisch unverändert bleiben) auf das Gährmaterial. . . . In Folge dieser Uebertragung der Bewegung wird das Gleichgewicht in dem Gährmateriale gestört und die Molecule desselben zerfallen.

Nägeli spricht selbst aus, daß die Formulirung seiner Theorie Aehnlichkeit mit jener Liebig's (der Zersetzungstheorie) und jener der Gährungschemiker (Fermenttheorie) habe, sich aber wesentlich von beiden unterscheide, indem er die Annahme macht, daß die in dem lebenden Plasma enthaltenen Verbindungen, ohne daß sie selbst eine Umsetzung erfahren, blos durch ihre Molecular-Bewegungen auf das Gährmaterial einwirken. Nägeli's Theorie fordert somit ganz bestimmt die Mitwirkung des lebenden Plasma's, welches von der Zelle des Gährungsorganismus producirt wird, zum Stattfinden des ganzen Gährungsaktes, während, wie man sich erinnern wird, Liebig auf die Organisation des Fermentes gar kein Gewicht legte.

Der Unterschied zwischen der bisher als richtig anerkannten Theorie, nach welcher die Gährung immer unter Mitwirkung von Organismen erklärt wird, und jener Nägeli's liegt hauptsächlich darin, daß nach letzterer die verschiedenen Gährungen durch Wirkung des lebenden Plasma erfolgen, welches entsprechend seiner verschiedenen Organisation und Mischung entsprechende chemische Wirkungen hervorbringt.

Unmittelbar an die Klarstellung der Unterschiede, welche zwischen seiner Theorie und den älteren Theorieen besteht, knüpft Nägeli einige, wie es uns scheint, sehr hochwichtige Aussprüche, welche in hohem Grade dazu beitragen dürften, den Ort, an welchem die Gährung stattfindet, zu fixiren. Die Gährung kann auch nach der Nägeli'schen Ansicht nur in der lebenden Zelle oder doch nur in der nächsten Umgebung derselben vor sich gehen. . . . Ein weiterer bedeutungsvoller Ausspruch liegt in der Vergleichung der Gährthätigkeit mit jener der chemisch wirkenden Fermente; während letztere nur einen einzigen Spaltungsproceß bewirken (Stärkemehl in Dextrin und Maltose durch die Wirkung der

Diastase), finden bei der eigentlichen Gährung verschiedene Spaltungen statt; diese Spaltungen zeigen aber kein bestimmtes constantes Verhältniß, sondern sie ändern sich in Bezug auf ihr quantitatives Verhältniß, je nach der individuellen Verschiedenheit der Gährungsorganismen. Endlich sei noch bemerkt, daß Nägeli ebenfalls zu der Schlußfolgerung gelangt, daß jedem specifisch-organisirten Fermente besondere Combinationen von Spaltungen zukommen, bei welchem blos das eine Gemeinschaftliche ist, daß in allen Fällen Kohlensäure in Freiheit gesetzt wird.

Bezüglich der Frage: ob die Gährung innerhalb oder außerhalb der Zellen stattfinde, liegen seitens Nägeli's sehr schöne Untersuchungen vor, welche sich zunächst auf die Fähigkeit der Membranen, Zucker, Kohlensäure und Alkohol durchtreten zu lassen, beziehen. Die Ergebnisse dieser Versuche lassen keinen absoluten sicheren Schluß darüber zu, in welcher Weise die Gährung stattfindet — ob innerhalb der Zellmembrane oder außerhalb derselben. — Nach seinen Arbeiten scheint sich aber Nägeli ebenfalls der Ansicht anzuschließen, daß die Gährungsarbeit im Inneren des Zellenkörpers vor sich gehe.

Die Erscheinung der Selbstgährung wird als solche von Nägeli nicht anerkannt — das heißt, dieser Gelehrte nimmt nicht an, daß die Hefe im Kampfe um das Leben bei ungenügender Ernährung Stoffe aus den abgestorbenen Hefezellen entnehme und deren Cellulose in Zucker — und diesen endlich in Alkohol verwandle. Nägeli hat nämlich gefunden, daß Hefe, welche mit einem Percente von Phosphorsäure versetzt wurde — dieser Zusatz dient dazu, die Ausbildung von Spaltpilzen zu verhindern — auch nach langer Zeit keine nennenswerthen Mengen von Kohlensäure und Alkohol producirte, somit der sogenannten Selbstgährung nicht anheimfiel.

Nägeli fand bei seinen Versuchen mit Hefe immer, daß sich in einer nicht stark angesäuerten Hefe eine bedeutende Menge von Spaltpilzen ausbilde und die Gegenwart dieser die Entstehung verschiedener Gährungsprodukte veranlasse. Nach den Versuchen von Nägeli scheint es keine Selbstgährung der Hefe als solche zu geben und ist die mit diesem Namen bezeichnete Erscheinung auf die Wirkung von mindestens zwei Fermenten zurückzuführen. Nägeli ist der Ansicht, daß die Menge des bei der Selbstgährung entstehenden Alkoholes nicht von der Beschaffenheit der Hefe abhänge, sondern durch äußere Umstände bedingt werde; die Menge von Alkohol, welche bei dem allmäligen Absterben der Hefe entstehe, sei eine sehr geringe. Die Versuche Nägeli's ergaben, daß die Menge von Alkohol, welche bei der Selbstgährung gebildet wurde, immer weniger als 1,6 Percente des Trockengewichtes der Hefe ausmachte. Wenn sich daher Alkohol in größeren Mengen bildet, so muß die Entstehung desselben in anderen Ursachen gesucht werden und liegen diese nach Nägeli in einer Ansiedlung von Spaltpilzen in der Hefe selbst; es findet dann in diesem Falle ein Zusammenwirken der Spaltpilze mit den noch lebenden Sproßpilzen (Alkoholferment) statt, die Spaltpilze verwandeln die Cellulose der abgestorbenen Hefezellen in Zucker und dieser wird von den noch lebend vorhandenen Sproßpilzen in Alkohol und Kohlensäure zerlegt.

Die Selbstgährung muß also — die Richtigkeit der Nägeli'schen Versuche angenommen — eigentlich ganz aus der Reihe der Gährungserscheinungen gestrichen werden, indem dieselbe nun als nichts anderes erscheint, als eine weitere Gährung der Leiber jener Alkoholfermente, welche in Folge ungenügender Nahrung abgestorben sind. Es sei übrigens hier bemerkt, daß Nägeli die Frage über die Erscheinung der Selbstgährung auch noch nicht für abgeschlossen hält, indem er selbst den Ausspruch thut, daß es noch besonderer Versuche bedürfe, um zu ermitteln, unter welchen Umständen von Hefe, welcher kein Zucker zur Verfügung steht, die größte Menge von Alkohol gebildet werde.

Das Auftreten von Leucin, welches schon Liebig bei der Selbstgährung der Hefe beobachtete, sucht Nägeli dadurch zu erklären, daß die Fermentkörper (peptonartige Verbindungen), welche von der lebenden Hefezelle ausgeschieden werden, von den Spaltpilzen sogleich zerlegt werden und Leucin eines der hierbei auftretenden Zersetzungsprodukte ist.

Einen wesentlichen Unterschied macht Nägeli zwischen Fermentwirkung und Hefewirkung; nach seiner Auffassung sind die organisirten Fermente (jene, welche aus lebenden Zellen bestehen, die sich entweder durch Sprossung oder durch Spaltung vermehren) als solche zu bezeichnen, auf welche der Name Hefe anzuwenden ist; die Wirkung dieser Hefe soll als Hefewirkung oder Gährwirkung im eigentlichen Sinne des Wortes angesehen werden; jene chemischen Verbindungen hingegen, welche ähnliche Wirkungen hervorbringen wie die Hefe, sollen nach Nägeli als Fermente im eigentlichen Sinne des Wortes bezeichnet werden. Dieser Bezeichnung nach, gehört somit die Familie der Saccharomycesarten und überhaupt alle Organismen, welche wir in gährenden Flüssigkeiten vorfinden, in die Gruppe der Hefe, indeß die Diastase, die Peptonverbindungen des Magensaftes ebenso zu den Fermenten zu rechnen sind, wie die Schwefelsäure, welche ebenfalls die Umsetzung von Stärkemehl in Zucker bewirken kann.

Nägeli macht darauf aufmerksam, daß diese Eintheilung eigentlich eine Concession an die gegenwärtig bestehende Auffassung über die Fermente enthalte, mit welcher er nicht vollkommen einverstanden sein kann, indem es nicht thunlich ist, die Wirkung einer bestimmten chemischen Verbindung mit jener eines ganzen Organismus, in welchem sich viele sehr zahlreiche Verbindungen vorfinden, in eine Parallele zu setzen. Nach Nägeli wäre die eigentlich richtige Bezeichnungsweise jene, nach welcher der Ausdruck Hefe für die Organismen beibehalten und für die chemischen Verbindungen — Diastase, Schwefelsäure, Wasser u. s. w. der Ausdruck Contactwirkung angenommen würde. Wir wären somit nach dieser Anschauung wieder beiläufig auf jenen Punkt zurückgekommen, welcher für die Anschauungen über das Wesen der Gährungserscheinungen zur Zeit Berzelius' und Mitscherlich's maßgebend war.

Nägeli macht auch den Versuch, die Aufgabe, welche den Fermenten im Allgemeinen zukommt, klar zu stellen und kommt zu dem Schlusse, daß die wesentliche Aufgabe der Fermente darin liege, Körper, welche in einer für die Ernährung untauglichen Form vorhanden sind, in solche zu verwandeln, welche zur Ernährung gewisser Organismen dienen können. Mit Bezug auf die An=

nahme, daß der Gährungsvorgang und die Ernährung des Gährungsorganismus in einem bestimmten Zusammenhange stehen, läßt sich die Aufgabe der Fermente auch in dem Sinne auffassen, daß dieselben die Eigenschaft haben, Verbindungen, welche nicht im Stande sind, durch die Membranen der Fermentzellen hindurchzubringen oder zu diosmiren in solche überzuführen, welchen diese Fähigkeit zukommt. Dieser Auffassung zufolge verwandeln die Fermente die Albuminate in Peptone, die Kohlehydrate, Stärkemehl, Gummi, Cellulose in lösliche und diosmirbare Verbindungen (Invertzucker und Maltose). Sie üben ferner die Inversion des Rohrzuckers und des Milchzuckers aus und zerlegen die Fette in den keimenden Samen. Mit einem Worte: den Fermenten kommt eine besondere Eigenschaft zu, gewisse Körper in solche Form zu bringen, in welcher sie zur Ernährung der Fermentorganismen dienen können.

Bei der Keimung von Samen entstehen immer gewisse Fermente, welche eine Umformung des in noch unbrauchbarer Form vorhandenen Nährmaterials bewirken und aus demselben solche Stoffe bilden, die zur Ernährung des Pflanzenkeimes dienen können. Nägeli macht nun darauf aufmerksam, daß sich hierbei in manchen Fällen auch Körper bilden, welche widerlich schmecken oder geradezu giftige Eigenschaften besitzen. Er kommt zu dem Schlusse, daß die Entstehung dieser Körper mit einer Art von Selbstschutz für keimenden Samen gegen die Angriffe von Thieren zusammenhängen, eine Anschauung, welche möglicherweise richtig ist, für die aber der absolute Beweis nur schwer beigebracht werden könnte.

In Folge der Lebensthätigkeit eines organisirten Fermentes wird die Flüssigkeit immer weniger geeignet, den betreffenden Pilz zu ernähren, indem die entstehenden Produkte wahrscheinlich als solche Körper zu betrachten sind, welche im eigentlichen Sinne des Wortes als Ausscheidungsstoffe der betreffenden Organismen — als Excremente derselben — anzusehen sein dürften; die nach der Beendigung der ersten Gährung hinterbleibenden Flüssigkeiten können aber noch zur Ernährung anderer Fermente dienen und lösen sich auf diese Art verschiedene Fermente in ihrer Wirksamkeit ab; die nach Beendigung einer Gährung hinterbleibenden Produkte nehmen aber fortwährend an Nährfähigkeit ab und läßt sich hieraus vielleicht das Auftreten von immer einfacher organisirten Fermenten erklären. In einer vergohrenen Flüssigkeit ist ein fremder Pilz immer existenzfähiger als jener, welcher zuerst thätig war; in einer Flüssigkeit, welche durch ein Alkoholferment vergährt wurde, kann eine Saccharomycesart, welche als echtes Alkoholferment anzusehen ist, nicht mehr leben, wohl können aber in derselben das Essigferment, das Kahnferment und andere niedere Fermente noch bestehen.

Nägeli faßt die Entstehung von Glycerin und Bernsteinsäure neben Alkohol und Kohlensäure nicht in dem Sinne auf, wie dieses Pasteur thut, daß nämlich auch die beiden erstgenannten Verbindungen zu den normalen Gährungsprodukten gehören, sondern neigt sich der Anschauung zu, daß als die eigentlichen Produkte der geistigen Gährung Alkohol und Kohlensäure anzusehen seien und die

Entstehung des Glycerins und der Bernsteinsäure noch gewissen neben der Gährung herlaufenden Zersetzungsprozessen zuzuschreiben sei.

Das Auftreten von Kohlensäure wird von Nägeli als ein charakteristisches Merkmal aller jener Erscheinungen angesehen, welche man als Gährungen im eigentlichen Sinne des Wortes zu betrachten hat; bei der sogenannten Fermentwirkung, bei welcher nur chemische Verbindungen in Wechselwirkung treten, wird niemals Kohlensäure in Freiheit gesetzt und findet bei derselben überhaupt nur ein einfacher Spaltungsprozeß statt.

Daß bei den eigentlichen Gährungsvorgängen stets eine größere Zahl von Verbindungen gebildet wird, erklärt Nägeli daraus, daß bei denselben immer lebendes Plasma mitwirkt, das ist eine Substanz, welche eine sehr complicirte Zusammensetzung besitzt und in Folge dessen sehr verschiedenartige Molecularbewegungen zeigt, welche auch das Entstehen mannichfaltiger Verbindungen zur Folge haben. Daß bei jenen Erscheinungen, welche blos durch chemische Fermente bedingt werden, viel einfachere Prozesse stattfinden, als bei den eigentlichen Gährungen, läßt sich auch aus der Thatsache entnehmen, daß die chemischen Fermente organischen Ursprunges, auch durch unorganische Verbindungen — Schwefelsäure, Alkalien, selbst durch Wasser — wenn letzteres bei höherer Temperatur wirkt, ersetzt werden können.

Nägeli unterscheidet alle Gährungsvorgänge in zwei Hauptgruppen und findet diese Unterscheidung darin, daß gewisse Gährungen bei völligem Abschluß von Sauerstoff erfolgen können, während andere nur unter Mitwikung dieses Körpers vor sich gehen können. Die ersteren, welche er als typische Gährungen bezeichnet, sind jene Gährungsvorgänge, welche die Umsetzung des Zuckers und der zuckerähnlichen Stoffe — Glycerin, Mannit — bewirken und auch die Umsetzung der Albuminate in Peptone veranlassen. Diese typischen Gährungen können ausschließlich durch lebende Hefezellen hervorgebracht werden.

Die zweite Gruppe von Gährungsvorgängen, welche Nägeli aufstellt, sind jene, bei welchen in allen Fällen eine Oxydation stattfindet und bezeichnet er aus diesem Grunde alle hierher gehörigen Erscheinungen mit dem Namen der Oxydationsgährungen. Jedenfalls wird die Gruppe der Oxydationsgährungen eine viel größere Zahl von Gährungserscheinungen umfassen, als jene der typischen Gährungsvorgänge, indem bei dem Keimprozesse aller Samen die Mitwirkung des Sauerstoffes unerläßlich ist und während des Keimprozesses die Thätigkeit von chemischen Fermenten in allen Fällen in's Spiel kommt.

Wenn wir jene Gruppe von Fermenten und Gährungen näher in's Auge fassen, welche von Nägeli als typische bezeichnet werden, so sehen wir leicht, daß in der Aufstellung dieser Gruppe das verbindende Glied liegt, welches die Anschauungen Nägeli's und Pasteur's einander sehr nahe bringt; die typischen Gährungen Nägeli's sind gerade jene, welche für die Praktiker die größte Bedeutung haben, indem die Mehrzahl derselben mit der Entstehung von Alkohol verbunden ist. Wenn wir uns an den Ausspruch erinnern, welchen Pasteur, zwar in ganz allgemeiner Fassung, somit auch bestimmt für diese Gährungserscheinungen, aufgestellt hat, so finden wir, daß Gährung Leben ohne Sauerstoff

ist. Nach Nägeli's Auffassung paßt nun dieser Ausspruch vollkommen auf die typischen Fermente, läßt sich aber nicht auf Vorgänge anwenden, welche nur unter Mitwirkung des freien Sauerstoffes stattfinden können; die Essiggährung kann weder nach der Pasteur'schen Anschauung noch nach jener Nägeli's in die Reihe der eigentlichen Gährungsvorgänge gezählt werden und ist die Annahme einer besonderen Gruppe von Oxydationsgährungen somit vollkommen gerechtfertigt. Es sei übrigens hier erwähnt, daß die typischen Gährungen gewiß nicht auf jene Fermente beschränkt sind, welche die Zerlegung des Zuckers oder der diesem verwandten Verbindungen bewirken, sondern daß höchst wahrscheinlich eine größere Zahl von Gährungserscheinungen, bei welchen sehr niedere Organismen — Bacterien und Spaltpilze — in Wirksamkeit treten, gleichfalls zu den typischen Gährungen zu zählen sein dürften.

Ueber die Oertlichkeit, an welcher die Gährung stattfindet, stellt Nägeli sehr interessante Ansichten auf und kommt in allen Fällen zu dem Schlusse, daß die eigentlich vergährende Thätigkeit der Fermente außerhalb der Zellen stattfinde. Als ein nach seiner Ansicht beweisendes Beispiel dafür, daß die Gährung außerhalb der Zellmembrane vor sich gehe, stellt Nägeli die Entstehung von Essigäther in gährenden Flüssigkeiten hin; er kommt zu dem Schlusse, daß Alkohol und Essigsäure Körper seien, welche nur von verschiedenen Fermenten gebildet werden können; sich daher in der Flüssigkeit, in welcher sie soeben entstanden sind, im Momente ihres Entstehens treffen und sich hierbei verbinden. Bis nun faßte man die in gährenden Flüssigkeiten auftretenden kleinen Mengen von Essigsäure als das Produkt der Alkoholfermente selbst auf, und muß erst der Beweis dafür erbracht werden, daß sich in einer Hefe, welche neben Alkohol noch Essigsäure produzirt, auch Spaltpilze vorfinden, ehe man den eben erwähnten Angaben Nägeli's volle Beweiskraft zusprechen kann.

Nägeli macht die Annahme, daß jede Zelle von Sproßhefe mindestens in eine Entfernung von $^1/_{50}$ bis $^1/_{30}$ mm zu wirken vermöge, und stellt sich die Uebertragung der Bewegung, in welcher sich das Plasma der Hefezelle befindet, auf das Zuckermolekül in ähnlicher Weise wie die Uebertragung der Licht- und Tonschwingungen auf andere Körper vor. Wenn die Schwingungen in dem Zuckermoleküle so rasch werden, daß sie die Kraft, welche das Zuckermolekül zusammenhält, überwinden, so muß der Zerfall des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure erfolgen. Nägeli leugnet auch die Gährung im Innern der Hefezellen nicht, nimmt sie aber weit weniger intensiv an als außerhalb der Zellen — wo sie bis auf die Entfernung von etwa einem Fünfzigstel eines mm, noch energisch wirken. Bezüglich der Nebenprodukte Glycerin und Bernsteinsäure, welche bei jeder geistigen Gährung abtreten, vermuthet Nägeli, daß dieselben innerhalb der Zellen entstehen . . . Eine Erklärung hierfür wird vorläufig nicht gegeben.

Die Wirkung des Essigfermentes sucht Nägeli ebenfalls nach seiner Theorie in der Weise zu erklären, daß er annimmt, die eigenartigen Bewegungen, welche in dem Plasma des Essigfermentes stattfinden, werden auf die Moleküle von Alkohol und Sauerstoff, welche in die Zelle eindringen, übertragen und pflanzen sich auch außerhalb derselben fort; wenn diese Störung des Gleichgewichtes eine gewisse

Höhe erreicht hat, so findet die Wechselwirkung zwischen Alkohol und Sauerstoff — somit die Essigbildung statt. Daß diese Umsetzung nicht bis zur völligen Verbrennung des Alkoholes geht, sucht Nägeli aus der geringen Wirkungs-Intensität des Essigfermentes zu erklären. Bei anderen Oxydationsfermenten ist diese Energie allerdings eine so große, daß sie die vollständige Oxydation des Alkoholes zu veranlassen im Stande sind.

Ueber die Kraftmengen, welche bei den verschiedenen Gährungsarten in Wechselwirkungen treten, hat Nägeli eingehende Studien zugewendet und sucht diese Kraftmengen durch Wärmeeinheiten auszudrücken . . . Bestimmte Resultate ergeben sich aus diesen Studien zur Zeit noch nicht und können sich nicht ergeben, indem wir noch kein vollständiges Bild aller jener Umsetzungen vor uns haben, welche überhaupt bei den Gährungsvorgängen stattfinden. Er stellt aber dennoch schon einen sehr wichtigen Satz auf: zwischen Fermentwirkung und Gährungbesteht nämlich der Unterschied, daß bei der Fermentwirkung Wärme gebunden, bei der Gährung aber Wärme in Freiheit gesetzt wird; bei der Fermentwirkung werden Verbindungen gebildet, deren Spannkraft eine geringere ist, indeß bei der Gährung solche Verbindungen entstehen, welche eine erhöhte Spannkraft besitzen. Gestützt auf die Ergebnisse vieler Versuche stellt Nägeli eine Reihe von Sätzen auf, welche mit der molekular-physikalischen Gährungstheorie in vollem Einklange stehen sollen. Dieselben lauten:

Bei genügender Gährthätigkeit ist die Anwesenheit von freiem Sauerstoff nicht nothwendig.

Die Gegenwart von freiem Sauerstoff wirkt aber förderlich auf die Gährthätigkeit ein.

Das Wachsthum der gährend wirkenden Zelle wird durch die Gährthätigkeit befördert.

Die Gährungsthätigkeit eines bestimmten Gährungspilzes wirkt nachtheilig auf jene anderer Pilze ein, welche andere Arten der Gährung bewirken können.

Wir ersehen aus diesen Sätzen, daß Nägeli der neuen Pasteur'schen Gährungstheorie, welche wie gezeigt, die vergährende Wirkung nur dann annimmt, wenn der freie Sauerstoff von den Organismen abgeschlossen ist, entschieden entgegentritt . . . Kaum daß diese Theorie ausgesprochen wurde, findet sie auch schon ihren gewaltigen Gegner, und nimmt derselbe sogar einen absolut verschiedenen Standpunkt in der allgemeinen Auffassung der Gährungsvorgänge ein: Seit dem Sturze der Liebig'schen Gährungstheorie einigten sich alle Gährungs-Chemiker immer mehr darin, die Gährung als einen chemisch-physiologischen Prozeß anzusehen, und sprachen die Erscheinungen dafür, daß man es wirklich mit einem solchen zu thun habe . . . Nägeli geht aber weit über die Annahme hinaus; nach ihm müssen zwar allerdings Organismen bei dem Gährungsvorgange mitwirken — ihre Mitwirkung beschränkt sich aber blos auf das zu Standebringen einer Molekularbewegung — ihre physiologische Thätigkeit ist nebensächlich geworden und geht eigentlich nur die Individuen selbst an, ohne mit der Spaltung der vergährenden Körper in neuen Verbindungen Gemeinschaft zu haben.

Die physiologische Thätigkeit der Hefezelle ist blos darauf zu beschränken, daß sich die Bewegung ihres Plasmas nach Außen hin fortpflanzt.

Die neue Gährungstheorie Nägeli's umfaßt nicht nur die Alkoholgährung, sondern werden auch andere Gährungsvorgänge, wie jener der Essig- und Kahngährung in selbe einbezogen. — Obwohl es uns gegenwärtig noch zu gewagt erscheint, den völligen Sturz der Pasteur'schen Gährungstheorie als besiegelt anzunehmen, können wir doch nicht umhin, die Theorie Nägeli's als eine epochemachende Erscheinung zu betrachten, welche gewiß dazu beitragen wird, unsere Kenntniß über das Wesen der Gährung mächtig zu fördern.

Ein Urtheil über den Werth dieser neuen Theorie schon jetzt, wo dieselbe eben veröffentlicht wurde, abzugeben, erscheint uns der Kürze der Zeit wegen, nicht möglich — nur eingehende Versuche und Wiederholung der Arbeiten Nägeli's werden über die Richtigkeit der von diesem Forscher aufgestellten Lehrsätze entscheiden können.

XVI. Die Fermente in technischer Beziehung.

Nur eine geringe Zahl von Fermenten kommt bei mehreren Gewerben, welche als Gährungsgewerbe im eigentlichen Sinne des Wortes bezeichnet werden müssen, in Anwendung und werden absichtlich in größeren Mengen erzogen — sie bilden gewissermaßen Culturpflanzen, welche den speciellen Bedürfnissen der betreffenden Industrie-Zweige bis zu einem gewissen Grade angepaßt werden. Wir kennen zwar Gährungsgewerbe, welche verschiedenartige Fermente in Anwendung bringen: der Brauer und der Branntweinbrenner cultiviren Saccharomyces cerevisiae — der Essigfabrikant das Essigferment, und beruht ein wichtiger Zweig der gährungs-chemischen Gewerbe eigentlich auf der Produktion eines Fermentes; es ist dies die Fabrikation des Malzes, deren Hauptzweck in der Darstellung von Diastase liegt.

Wenn wir uns vorerst mit jenen Fermenten beschäftigen, welche organisirt sind, so besitzt unter diesen die Bierhefe, das ist, wenn wir von den ihr beigemengten nicht organisirten Körpern absehen — die Gährungspflanze Saccharomyces cerevisiae, die größte technische Bedeutung, indem sie die Basis zweier Gährungsgewerbe bildet. Während der Bierbrauer gegenwärtig fast ausschließlich jene Varietät von Saccharomyces erzieht, welche Untergährung hervorbringt, hat es der Branntweinbrenner ausschließlich mit Oberhefe zu thun.

Die Hefe für Brauzwecke bildet gegenwärtig schon einen Handelsartikel, der immer mehr an Bedeutung gewinnt, welcher aber, wie vorausgesehen werden kann, noch in nicht ferner Zeit wieder aus dem Handel verschwinden dürfte, indem es nur einer gewissen Erweiterung unserer — gegenwärtig allerdings sehr dürftigen Kenntnisse über die Erziehung reiner Fermente bedarf, um jeden Brauer zu veranlassen, seinen Bedarf an Hefe nicht durch Bezug aus irgend einer

Brauerei zu decken, sondern sich die reine Hefe selbst darzustellen. Bis nun sind wir aber noch nicht so weit gelangt, Bierhefe in reinem Zustande darzustellen, obwohl auch in dieser Beziehung schon Versuche vorliegen, welche erwarten lassen, daß es gelingen werde, ein Alkoholferment in ganz reiner Form — das ist frei von jedem fremden Fermente — darzustellen und müssen uns daher begnügen in der Praxis solche Bierhefe anzuwenden, deren günstige Wirkung schon an anderen Orten erprobt wurde.

Die äußeren Merkmale, welche eine Hefe in Bezug auf ihre Qualität auszeichnen, sind aber so unsichere, daß es kaum möglich ist, die Güte derselben nach diesen Merkmalen zu beurtheilen. In der Praxis wird die Güte einer Hefe gewöhnlich nach der Farbe und dem Geruche beurtheilt. Bei der Bierhefe, welche in dieser Beziehung hauptsächlich in Betracht zu ziehen ist, gelten helle Farbe und ein angenehmer erfrischender Geruch gewöhnlich als die Merkmale eines brauchbaren Produktes .... Es liegt auf der Hand, daß diese Kennzeichen sehr unbestimmte sind und in keinem Falle ausreichen, um mit Sicherheit zu bestimmen, ob das Ferment wirklich von genügender Reinheit sei. Diese Ueberzeugung kann man sich erst durch einen direkten Gährungsversuch verschaffen, indem man die Hefe zum Stellen einer Würze verwendet, und das Fortschreiten der durch sie eingeleiteten Gährung genau beobachtet.

Aber auch in diesem Falle wird man hierdurch — zu Anfang des Versuches wenigstens — keine andere Kenntniß gewinnen, als daß die Hefe lebend und in kräftigem Zustande sei: Erst nachdem die Hefe mehrere Male zum Anstellen von Würze gedient und immer ein Produkt von entsprechender Qualität geliefert hat, wird man die Ueberzeugung haben, daß diese Hefe von normaler Beschaffenheit sei und ohne Gefahr verwendet werden könne .... Wir haben hier das Verhältniß der Prüfung einer Hefe unmittelbar durch den Versuch in großem Maßstabe geschildert, wie es sich ergiebt, wenn die Hefe von solcher Beschaffenheit ist, daß sie allen Anforderungen entspricht. Dies ist aber der denkbar günstigste Fall, der überhaupt stattfinden kann; wenn die Hefe nicht von genügender Beschaffenheit ist, so wird sich dies dadurch zu erkennen geben, daß die Eigenschaften der mittelst dieser Hefe vergohrenen Flüssigkeit nicht von entsprechender Beschaffenheit sind .... Möglicher Weise kann man aber die Wahrnehmung erst machen, nachdem man mit Hülfe dieser Hefe eine große Zahl von Gährungen veranlaßt hat, und wird die ganze Menge des Bieres, welche man auf diese Weise erzielt hat, von minderer Qualität sein. Es bleibt in diesem Falle dem Brauer nichts anderes übrig, als die Hefe, welche er bis nun in Verwendung hatte, bei Seite zu stellen und durch neue zu ersetzen — für deren Brauchbarkeit er aber ebenfalls keine Bürgschaft hat, und welche möglicher Weise noch ungünstigere Ergebnisse liefern kann, als die erstangewendete.

Es ist leicht einzusehen, daß in Bezug auf die Brauchbarkeit einer Hefe die Kenntnisse des Praktikers — auch des erfahrensten nicht allein ausreichen und daß sich derselbe vor einem eventuell sehr bedeutenden Schaden nur dadurch zu schützen vermag, daß er alle Seitens der Wissenschaft zu Gebote stehenden Mittel anwendet,

um sich von der Brauchbarkeit einer Hefe schon Gewißheit zu verschaffen, bevor er dieselbe in die Brauerei einführt. Wir müssen gestehen, daß die Hülfsmittel, welche die Wissenschaft bezüglich der Prüfung der Hefe bis nun an die Hand giebt, noch unzureichende sind; dies wird aber keinen denkenden Praktiker davon abhalten, dieselben zu benutzen, indem sie bis zu einer gewissen Grenze sehr bedeutungsvolle Anhaltspunkte bieten, ob eine Hefe überhaupt anwendbar ist oder nicht. Für den Bierbrauer ist die Prüfung der Hefe eigentlich eine unerläßliche Sache — denn von der richtigen Beschaffenheit der von ihm verwendeten Hefe hängt zum großen Theile die Güte des von ihm producirten Bieres ab und nützt die Anwendung der besten Rohmaterialien und die strenge Befolgung eines gewissen Brauprocesses nichts, wenn die zur Vergährung der Würzen angewendete Hefe nicht von der gehörigen Beschaffenheit ist.

Für den Branntwein-Fabrikanten hat die Hefe nur insofern Bedeutung, als sie lebenskräftig genug sein soll, um eine gewisse Menge von Maische innerhalb eines kurzen Zeitraumes möglichst vollkommen vergähren zu machen. . . . . Dies war wenigstens bis in die neueste Zeit die hierüber herrschende Ansicht. Neuere Versuche haben aber gelehrt, daß die Reinheit der Hefe — das ist das Freisein von fremden Fermenten — auch für den Branntwein-Fabrikanten von großer Wichtigkeit ist; während man es früher für unerläßlich hielt, daß sich in der Branntweinhefe neben dem Alkoholfermente auch noch das Milchsäureferment in großen Mengen vorfinden müsse, kommt man gegenwärtig immer mehr und mehr von dieser Ansicht ab und sieht auch in einer möglichst reinen Hefe, welche große Gährungsintensität besitzt, das beste Material um Branntwein-Maischen zur Vergährung zu bringen. Es kann daher dem Branntweinbrenner die Reinheit seiner Hefen nicht gleichgültig sein, indem von derselben die Ausbeute in quantitativer Beziehung bis zu einem gewissen Grade abhängig ist.

Bei manchen Gährungsgewerben — wie bei der Darstellung des Weines und der weinartigen Getränke aus Früchten — kommt es weniger auf eine technische Untersuchung der Hefe, welche die Vergährung der betreffenden Flüssigkeiten veranlaßt, an und zwar aus dem Grunde, weil die Fermente, welche die Gährung dieser Fruchtsäfte veranlassen, sich schon an den Früchten selbst vorfinden und in die Flüssigkeit getaucht, dieselbe in Gährung versetzen. Von größerer Wichtigkeit erscheint in diesem Falle die technische Untersuchung der vergohrenen Flüssigkeiten auf die Gegenwart von Fermenten, welche sich erst nach dem Verlaufe der Alkoholgährung entwickeln und die Eigenschaften des Produktes schädigen können.

Der sogenannte Sauerteig, welcher bei der Gährung des Brotes in Verwendung kommt, enthält neben einem eigenthümlichen Alkoholfermente noch immer eine gewisse Menge von anderen Fermenten, unter welchen namentlich des Milchsäurefermentes zu erwähnen ist. Bis nun liegen aber gar keine wissenschaftlichen Untersuchungen über das beste Verhältniß vor, in welchem diese beiden Fermente im Sauerteige enthalten sein müssen, um die günstigste Wirkung hervorzubringen und beruht die Anwendung des Sauerteiges ausschließlich

auf der praktischen Erfahrung. . . . Von den organisirten Fermenten, welche absichtlich cultivirt werden, sei hier noch das Essigferment erwähnt; der außerordentlich geringen Größe, welche diesem Fermente zukommt und die Beobachtung erschwert und der mangelhaften Kenntnisse wegen, welche wir über die Funktion desselben haben, besitzen wir nur sehr unzulängliche Mittel, um uns von der Brauchbarkeit einer Essighefe in der Praxis zu überzeugen und ist auch hier die praktische Erfahrung allein maßgebend; so lange die Ernährungsbedingungen des Fermentes innerhalb der normalen Bahnen bleiben, functionirt dasselbe in ungestörter Weise fort — bisweilen treten aber Störungen in diesen Functionen ein, welche das Aufhören der Essigbildung nach sich ziehen. . . . Meistens können dann nur sehr energische Mittel den Betrieb wieder in die normalen Bahnen lenken.

Wir müssen uns daher vorläufig darauf beschränken, jene Fermente zu besprechen, welche etwas besser gekannt sind, und welche theilweise auch zum Gegenstande einer bestimmten Fabrikation geworden sind oder als Handelsartikel gehen, wie dies bei der Bierhefe und der sogenannten Preßhefe der Fall ist. Die Bierhefe bildet, wie schon erwähnt, einen der wichtigsten Faktoren im Brauereibetriebe. — Die Preßhefe wird theils als Nebenprodukt in Brauereien gewonnen, theils bildet die Darstellung derselben einen eigenen Fabrikationszweig. — In beiden Fällen ist es für die Praktiker von Werth, einigermaßen verläßliche Methoden an der Hand zu haben, nach welchen sie die Eigenschaften einer bestimmten Hefe zu beurtheilen im Stande sind.

Bei der Prüfung der Fermente handelt es sich ganz besonders um die Feststellung der Thatsache, ob die Hefe rein — das heißt: frei von anderen Fermenten ist und giebt es zwei Wege, um zu dieser Kenntniß zu gelangen; der eine derselben liegt in der mikroskopischen Untersuchung, der andere in der chemischen Prüfung der Hefe oder richtiger der durch sie vergährten Flüssigkeiten; eine dritte Methode endlich, die Hefe auf ihren Werth zu prüfen, ergiebt sich durch die Anwendung der Hefe zur Vergährung einer größeren Menge von zu vergährender Flüssigkeit und läßt sich aus derselben ein Schluß auf die Gährungsintensität des betreffenden Fermentes und die Qualität der Gährungsprodukte ziehen. . . . Wie schon angedeutet, ist diese Art der Prüfung einer Hefe immer mit einem gewissen Wagniß verbunden, indem bei nicht entsprechender Beschaffenheit der Hefe auch die Eigenschaften der Gährungsprodukte solche sein werden, daß sie den Anforderungen nicht entsprechen.

Naturgemäß knüpfen sich an die Frage über die Verwendbarkeit einer Hefe noch eine Reihe von anderen Fragen, welche sämmtlich für die Praktiker von höchstem Interesse sind und haben diese Fragen besonders auf die Darstellung brauchbarer Hefe und auf die Conservirung derselben Bezug. So wichtig dieser Gegenstand für die Gährungs-Techniker auch ist, so fehlt es bis zur Stunde dennoch an größeren Versuchsreihen, welche zur Lösung derselben beitragen.

Nachdem unser Werk hauptsächlich für die Praktiker bestimmt ist, so erscheint uns die Erörterung dieser Fragen in demselben von größter Bedeutung und

lassen wir nachstehend eine kurze Besprechung der Prüfung der Hefe, der Erzielung möglichst reiner Hefe und der Conservirung derselben folgen.

Die Prüfung der Fermente.

Die Untersuchung der Fermente ist ein Gegenstand, welcher Seitens der Praktiker die größte Beachtung verdient — dem sich aber so bedeutende Schwierigkeiten entgegenstellen, daß es bis nun nur eine geringe Zahl von Praktikern geben dürfte, welche die ihnen zu Gebote stehenden Fermente einer anderen als der Gährungsprobe unterziehen würden. Es kann nun nicht geleugnet werden, daß die Prüfung eines Fermentes durch eine Gährungsprobe im großen jenes Verfahren ist, durch welches am sichersten die Eigenschaften eines Fermentes zu Tage kommen — aber es ist auch bekannt, daß eine solche Prüfung auf rein praktischem Wege dem Experimentator ungemein theuer zu stehen kommen kann, indem unter Umständen große Mengen von zu vergährender Flüssigkeit durch eine bestimmte Beschaffenheit der Gährungsorganismen solche Eigenschaften erlangen, daß die Qualität des durch die Gährung erzielten Getränks hierdurch geschädigt wird.

Es ist daher aus dem eben angeführten Grunde allen Praktikern dringend zu empfehlen, sich nicht über eine Prüfung der von ihnen in Gebrauch genommenen Fermente auf wissenschaftlichem Wege hinwegzusetzen, indem sie hierdurch wenigstens in die Lage kommen, sich vor bedeutendem materiellen Schaden zu bewahren. Es läßt sich freilich nicht leugnen, daß die genaue Durchführung der Prüfung der Fermente eine Arbeit ist, welche einerseits die Beschaffung eines ziemlich kostspieligen Instrumentes voraussetzt, und auch andererseits den Besitz einer gewissen Summe von Kenntnissen erfordert.

Was nun den ersterwähnten Punkt anlangt — die Beschaffung eines kostspieligen wissenschaftlichen Apparates, nämlich die eines guten Mikroskopes — so dürfte derselbe bei der Mehrzahl der Gährungstechniker wenig in's Gewicht fallen, indem das Mikroskop ebensogut zu den Apparaten gehört, welche in einer Brauerei und Bennerei ebensowenig fehlen dürfen, als Thermometer, Saccharometer u. s. w. — Was die wissenschaftlichen Kenntnisse anlangt, welche die Handhabung des Mikroskopes voraussetzt, so sind dieselben keine besonders schwierig zu erwerbenden und müssen wir dieselben eben sogut heutzutage bei einem Brennerei- oder Brauereileiter, der sein Geschäft versteht, voraussetzen, als bei einem Weinproducenten oder Essigfabrikanten, der nicht absolut in roher empyrischer Weise fort arbeiten will. — Ohne eine gewisse Summe wissenschaftlicher Kenntnisse ist es in unserer Zeit überhaupt unmöglich, eine Thätigkeit zu betreiben, welche in all' ihren Zweigen auf naturwissenschaftlichen Prinzipien beruht, wie dies bei den sogenannten Gährungsgewerben der Fall ist.

Die Behandlung des Mikroskopes läßt sich durch eine gewisse Uebung und unter Anleitung eines in der Behandlung dieses Instrumentes Geübten in kurzer Zeit erlernen — nicht so leicht ist dies aber mit jener Prüfungsart der Fermente

der Fall, welche unter Anwendung von Reagentien geschieht und welche wir als die chemische Prüfungsmethode der Fermente zu bezeichnen haben. Gerade aber die letztgenannte Prüfungsmethode ist es, welche unter Umständen weit schärfere Resultate liefert, als sie selbst das beste Mikroskop zu geben vermag. — Wiewohl es als eine natürliche Forderung erscheint, daß Derjenige, welcher sich mit einem auf chemischer Grundlage beruhenden Gewerbe befaßt, auch die Grundlehren der Chemie selbst kenne, so ist dennoch die Zahl jener, welche diese Kenntnisse in Wirklichkeit besitzen, eine verhältnißmäßig sehr geringe und wird eine Prüfung der Fermente auf chemischem Wege gewiß noch seltener vorgenommen, als eine solche vermittelst des Mikroskopes.

Bevor wir auf die Methoden, die man zur Prüfung der Fermente anwendet, kurz eingehen, müssen wir trachten, klar zu stellen, was denn eigentlich den Gegenstand der Prüfung der Fermente bildet.

Die Prüfung der Fermente auf mikroskopischem Wege kann nur den Zweck haben, zu ermitteln, ob man blos mit einem Fermente allein zu thun habe und welcher Art dieses Ferment sei, oder ob verschiedene Fermente vorhanden sind, die entweder gleichzeitig oder nacheinander auf die in der Flüssigkeit enthaltenen Körper einwirken. Wir wissen nun aus den in einem früheren Abschnitt angeführten Untersuchungen, daß bei verschiedenen Gährungserscheinungen auch verschiedene Fermente auftreten und sprachen demgemäß von den Fermenten der Alkoholgährung, jenen der Essiggährung, der Milchsäuregährung u. s. w.

Unter allen organisirten Fermenten kennen wir eigentlich nur drei, welche auf künstlichem Wege gezüchtet werden und sind dies das Ferment der Alkoholgährung, welches wir als Saccharomyces cerevisiae und in den Varietäten von Oberhefe und Unterhefe kennen gelernt haben; ferner das Ferment der Brotgährung, das bekanntlich in dem sogenannten Sauerteige neben dem Milchsäurefermente künstlich erzogen wird, und schließlich das Essigferment, welches man in den Essigbildern ebenfalls auf künstlichem Wege zu erziehen versucht. Der Vollständigkeit wegen ließe sich hier noch anführen, daß das Milchsäureferment in gewissem Sinne ebenfalls zu dem absichtlich gezüchteten Fermenten gehört, indem man bekanntlich in manchen Brennereien wünscht, daß die Hefe auch noch eine gewisse Menge von Milchsäure enthält.

Mit Ausnahme der eben aufgezählten Fermentorganismen wird bis nun kein einziger der zahlreichen Fermentorganismen absichtlich gezüchtet und finden sehr viele Gährungsvorgänge in Folge der Wirkung von Fermentorganismen statt, welche sich aus in der Flüssigkeit vorhandenen Keimen oder aus solchen, die aus der Luft in die Flüssigkeit gelangten, entwickelt haben. Zu diesen sogenannten spontanen Gährungen gehört vor allen andern die sogenannte Selbstgährung des Weinmostes und alle jene unerwünschten Gährungserscheinungen, welche wir in der Mehrzahl der Fälle lieber nicht eintreten sehen würden, indem sie auf die Beschaffenheit der Gährungsprodukte einen nachtheiligen Einfluß üben.

Wie schon an früherer Stelle erörtert wurde, wird in den meisten Flüssigkeiten, welche einer längeren Gährung unterliegen, nach einer gewissen Zeit die

Thätigkeit des einen Fermentes durch ein anderes abgelöst, eine Erscheinung, welche bei den sogenannten Nachgährungen von Bier und Wein allgemein auftritt. Nachdem man nun in Bierwürzen nur jenes Ferment aussäen will, welches die Hauptgährung veranlaßt, so müssen wir das Auftreten der Nachgährungsfermente ebenfalls als durch eine Selbstgährung bedingt ansehen.

Wie sich aus der Vergleichung der in einem der vorstehenden Abschnitte gegebenen Abbildungen aller genauer bekannten Fermente ergiebt, zeigen diese an und für sich höchst einfach gebauten Organismen Gestalten und eine Vermehrungsweise, welche die größte Aehnlichkeit mit einander besitzen. Diese Aehnlichkeit ist eine so große, daß es selbst für denjenigen, welcher sich eingehend mit dem Studium dieser Fermentorganismen auf mikroskopischem Wege befaßt hat, mitunter mit Schwierigkeiten verbunden ist, mit Sicherheit anzugeben, welches Ferment er eigentlich vor sich hat. Genaue Vergleichung der mittelst des Mikroskopes beobachteten Formen mit den in unserem Werke gegebenen Abbildungen und der Beschreibung der besonderen Eigenthümlichkeiten der betreffenden Organismen werden aber, so hoffen wir, dem aufmerksamen Leser bald eine so weitgehende Kenntniß von den specifischen Eigenthümlichkeiten der verschiedenen Arten von Fermentorganismen geben, daß er bei einiger Uebung im Stande sein wird, die häufiger auftretenden Gährungsorganismen morphologisch von einander zu unterscheiden.

Wir müssen hier ganz besonders erwähnen, daß sich die mikroskopische Untersuchung der Fermente für den Praktiker insofern leichter gestaltet als für den Gelehrten, als die Praktiker meistens nur in der Lage sind, ihre Untersuchungen auf die Organismen der Alkoholgährung zu beschränken. Ungleich schwieriger ist es, neue Fermente mit Sicherheit nachzuweisen, welche die Ursache anderer Gährungserscheinungen sind und in gährenden Flüssigkeiten die Entstehung unerwünschter Produkte veranlaßt haben. ... Wie wir schon erwähnt haben, läßt uns das Mikroskop in Bezug auf eine ganze Gruppe von Fermentorganismen, denen noch dazu eine hohe Bedeutung zukommt, bei den Spaltpilzen, fast ganz im Stiche und ist auch der genaueste Kenner der Fermente nicht im Stande, aus der bloßen Beobachtung eines Fermentes mit Hülfe des Mikroskopes einen sicheren Schluß darauf zu ziehen, welche Produkte durch dieses Ferment gebildet werden. ... In diesem letztgenannten Falle, der mit geringen Ausnahmen wohl für alle jene Fermente gilt, welche wir in die Gruppe der Spaltpilze einreihen müssen, vermag nur die chemische Untersuchung der gährenden Flüssigkeit genügende Aufschlüsse darüber zu geben, ob man es mit einem Faulnißfermente oder einem solchen, welches andere specifische Produkte hervorbringt, zu thun habe.

Für den Praktiker handelt es sich nun glücklicher Weise nur in seltenen Fällen darum, die Anwesenheit solcher Fermente sicher zu stellen und besteht die mikroskopische Untersuchung der Fermente für denselben ganz besonders darin, sich von der Reinheit eines Fermentes zu überzeugen oder mit anderen Worten, sich davon Ueberzeugung zu verschaffen, ob das von ihm benutzte Alkoholferment neben den Organismen des betreffenden Alkoholfermentes auch noch jene anderer Gährungsorganismen enthält.

Die mikroskopische Prüfung der Bierhefe.

Wenn wir uns zuvörderst der Untersuchung jenes Fermentes zuwenden, welches für die Zwecke der Bierbrauerei in Anwendung kommt, der Unterhefe, so läßt sich durch das Mikroskop nicht nur eine Prüfung der Hefe auf ihre Reinheit in dem Augenblicke, in welchem sie in die Brauerei gelangt, vornehmen, sondern es kann dieses Instrument auch zu einer fortdauernden Controle über das Verhalten der Hefe während der ganzen Zeit ihrer Anwendung in der Brauerei benutzt werden und scheint uns gerade in dieser Anwendung des Mikroskopes eine für alle Brauer sehr wichtige Sache zu liegen, obwohl wir auch ganz gut wissen, daß bis nun nur eine sehr geringe Anzahl von Brauern die Bedeutung dieser Prüfungsmethode der Hefe zu würdigen weiß und dieselbe darum auch ganz unbeachtet läßt. ... Von manchen sonst sehr tüchtigen Fachmännern wird diese Prüfungsmethode sogar geradezu als eine theoretische Spielerei bezeichnet, der für die Praxis nicht die geringste Bedeutung zukommt. Wir hoffen durch die nachstehende Darstellung aber den Beweis zu liefern, daß eine beständig fortgesetzte Beobachtung der in einer Brauerei verwendeten Hefe keineswegs so bedeutungslos ist, als viele Praktiker anzunehmen geneigt sind, sondern daß derselben vielmehr eine große Wichtigkeit innewohnt und gewiß die Zeit kommt, in welcher in jeder gut eingerichteten Brauerei das Mikroskop ein unentbehrliches Hülfsmittel geworden sein wird.

Es ist in den Bierbrauereien bekanntlich allgemein Gebrauch, die Hefe, welche durch eine gewisse Zahl von Generationen zur Vergährung der Würzen gedient hat, zu beseitigen und durch andere Hefe, die aus einer anderen Brauerei bezogen wurde, zu ersetzen. ... Ein Blick in irgend eine Fachzeitschrift genügt, um zu zeigen, daß der Handel mit Bierhefe sich in unserer Zeit zu einem ziemlich umfangreichen Geschäfte ausgebildet hat.

Der Grund, aus welchem die Hefe in den Brauereien gewechselt wird, ist nach den Aussprüchen der Praktiker gewöhnlich der, daß die Hefe, mit welcher durch eine gewisse Zeit gearbeitet wurde, allmälig schwach geworden sei, das heißt, daß die Qualität der Gährungsprodukte anfängt sich zu verringern. ... Wenn diese Wahrnehmung an dem Gährungsprodukte gemacht wurde — es geschieht dies gewöhnlich durch eine einfache Kostprobe —, so halten die Praktiker den Zeitpunkt gekommen, in welchem ein Wechsel der Hefe vorzunehmen sei. Es wird dann in diesem Falle Hefe aus einer Brauerei bezogen, welche sich in normalem Betriebe befindet und diese Hefe zum Stellen der Würzen verwendet; die alte Hefe wird in dem Maße beseitigt, als sich die frisch eingeführte Hefe vermehrt.

Aus der Erfahrung ergiebt sich aber nicht selten, daß mit der Einführung der frischen Hefe keineswegs etwas gethan wurde, wodurch die Qualität des Bieres in allen Fällen eine Verbesserung erfährt — es tritt sogar mitunter der Fall ein, daß die mit Hülfe der neuen Hefe erzielten Produkte solche Eigenschaften zeigen, daß man sich beeilen muß, diese Hefe abermals zu beseitigen und durch frische, die aus einem anderen Brauhause bezogen wurde, zu ersetzen.

Wir wollen versuchen, die Ursachen des Schwachwerdens der Hefe und den Gebrauch des Hefewechsels an der Hand der mikroskopischen Beobachtung etwas näher zu erörtern.

Wenn man eine Hefe in einer Brauerei neuerdings in Arbeit nimmt, so beabsichtigt man in derselben absolut reine Unterhefe — das ist die bei niederer Temperatur vergährend wirkende Varietät von Saccharomyces cerevisiae einzuführen; untersucht man verschiedene Proben der Hefe mit Hülfe des Mikroskopes und zeigen sich in dem Gesichtsfelde des Instrumentes keine anderen Gebilde als jene der Unterhefe, so läßt sich annehmen, daß die Hefe von genügender Reinheit sei, um ohne Gefahr zum Stellen von Würzen verwendet zu werden. Im günstigsten Falle ist man im Stande, eine und dieselbe Hefegattung Jahre lang im Gebrauche zu erhalten, ohne daß man eine Störung des Betriebes wahrnimmt. Die Untersuchung mit Hülfe des Mikroskopes zeigt dann blos das Vorhandensein eines Fermentes an. Fremde Fermente kommen nicht zur Ausbildung und werden demnach in der gährenden Flüssigkeit nur jene Produkte gebildet werden, welche wir als die normalen Gährungsprodukte der Unterhefe anzusehen haben.

Bisweilen zeigt sich bei absoluter mittelst des Mikroskopes constatirter Reinheit des Fermentes ein Schwächerwerden der Hefe in der Weise, daß sich der zur genügenden Vergährung einer gewissen Menge von Würze erforderliche Zeitraum immer mehr verlängert und kann in diesem Falle diese Erscheinung nur dadurch erklärt werden, daß die Pflanze insofern eine Erschöpfung zeigt, als sie durch zu lange Zeit als eigentliches Ferment gewirkt, das heißt, vom Zutritte des freien Sauerstoffes abgeschlossen wurde. Man kann aber in einem solchen Falle häufig die Hefe wieder dadurch in ihrer vergährend wirkenden Thätigkeit steigern, daß man ihr Gelegenheit giebt, freien Sauerstoff aufzunehmen, was einfach dadurch bewerkstelligt werden kann, daß man die Hefe, bevor man sie neuerdings zum Stellen von Würze verwendet — in flachen Gefäßen durch mehrere Stunden der Einwirkung der Luft darbietet. Wir erinnern hier daran, daß die Hefe mit großer Energie Sauerstoff aus der Luft aufzunehmen vermag und hierdurch wieder die Fähigkeit erlangt, kräftig vergährende Wirkungen auszuüben.

Die eben geschilderte Erscheinung ist als der normale Vorgang in dem Verhalten der Hefe zu bezeichnen — so lange diese Verhältnisse walten, wird die Vergährung der Würze in normaler Weise erfolgen und werden auch die mit solcher Hefe erzielten Biere immer von der gleichen Beschaffenheit bleiben.

Eine solche absolut reine Hefe ist, wie leicht einzusehen, für die Brauerei von höchstem Werthe — sie ist aber auch eine so große Seltenheit, daß es vielleicht nicht *eine* Brauerei giebt, in welcher sie anzutreffen wäre. Schon die mikroskopische Untersuchung der neu einzuführenden Hefe zeigt in den meisten Fällen, daß die Hefe neben den Organismen der Alkoholgährung noch andere enthält, welche sich als Milchsäureferment erkennen lassen, zum Theile aber gar nicht näher bestimmbar sind.

Findet man in einer Hefe, welche man neu in die Brauerei einzuführen beabsichtigt, diese fremden Fermente in größerer Menge, so wird man wohl zu überlegen haben, ob man diese Hefe noch als genügend rein annehmen darf, um sie überhaupt in den Betrieb der Brauerei einzuführen und erweist sich in diesem Falle das Mikroskop als ein sehr wichtiger Rathgeber des Praktikers; eine Hefe, welche schon Anfangs so starke Verunreinigungen zeigt, kann selbstverständlich keine reine Alkoholgährung geben, sondern werden sich neben den Produkten der Alkoholgährung auch in der vergohrenenen Flüssigkeit gewisse Mengen fremder Gährungsprodukte einstellen und kann die Menge der letzteren schon nach wenigen Gährungen in Folge der Vermehrung der fremden Organismen eine so bedeutende werden, daß hierdurch die Eigenschaften der vergohrenen Flüssigkeit zum Nachtheile geändert werden müssen. Die Prüfung der Hefe mittelst des Mikroskopes kann daher in gewissen Fällen zu dem Urtheile führen, daß die betreffende Hefe unbedingt zu verwerfen sei — die Unterlassung dieser Prüfung wird sich dadurch rächen, daß schon nach wenigen Gährungen, welche man mit einer derartigen unreinen Hefe vollführt, die Eigenschaften der vergohrenen Flüssigkeit derartige werden, daß man hierdurch zu einem neuerlichen Hefewechsel gezwungen wird.

Es kann aber auch der Fall eintreten, daß die mikroskopische Prüfung einer neu einzuführenden Hefe zu dem Schlusse berechtigt, dieselbe sei von tadelloser Beschaffenheit, indem sich auch bei der aufmerksamsten Untersuchung derselben keine anderen Organismen als jene des Alkoholfermentes erkennen lassen. Wenn man aber die Hefe, nachdem sie eine gewisse Anzahl von Gährungen bewirkt hat, abermals untersucht, macht man die Wahrnehmung, daß die ursprüngliche Reinheit derselben verschwunden ist und sich ganz deutlich neben den Zellen des Alkoholfermentes solche erkennen lassen, welche anderen Fermenten angehören und findet man in vielen Fällen die ziemlich charakteristischen Gebilde des Milchsäurefermentes neben dem Alkoholfermente vor.

Für diese Wahrnehmung sind nun zwei Erklärungen möglich: entweder muß man annehmen, das vermeintlich reine Alkoholferment habe schon das fremde Ferment enthalten und sei das letztere der Beobachtung entgangen, weil es in der That Anfangs nur in sehr geringen Mengen vorhanden war, sich aber in Folge günstiger Umstände im Laufe der verschiedenen Gährungen, welche mit der Hefe bewirkt wurden, allmälig so stark vermehrt, daß es nunmehr deutlich gesehen wird — oder man muß annehmen, das fremde Ferment sei durch irgend ein Versäumniß während der Arbeit unter die Hefe gelangt.

Welcher dieser beiden Fälle auch stattgefunden hat — eines läßt sich durch die mikroskopische Beobachtung sicherstellen, daß die Hefe gegenwärtig nicht mehr jene Beschaffenheit habe, welche sie eigentlich haben sollte und ist das Eintreten dieser Erscheinung gewissermaßen als eine Aufforderung an den Brauer anzusehen, die Qualität seiner Produkte von nun an mit verdoppelter Sorgfalt zu prüfen. Es kann nämlich geschehen, daß sich die fremden Fermente innerhalb eines kurzen Zeitraumes so bedeutend vermehren, daß die vergohrene Flüssigkeit durch die Menge der neu entstandenen Gährungsprodukte, welche in Folge der Wirkung fremder Fermente entstehen, solche Eigenschaften erlangt, daß sie

in ihrer Qualität beeinträchtigt wird und unbedingt ein Hefewechsel vorgenommen werden muß; je früher man nun denselben vornimmt, desto weniger werden sich die nachtheiligen Einflüsse, welche die Gegenwart der fremden Fermente in der Hefe bewirkt, wahrnehmen lassen. Die fortgesetzte Beobachtung der bei aufeinander folgenden Gährungen entstehenden Hefe bildet gewissermaßen einen Wächter für die Beschaffenheit des Fermentes und ist das massenhafte Auftreten der fremden Fermente ein Fingerzeig, daß mit dem Hefewechsel nicht mehr gezögert werden dürfe.

Es kann auch der Fall eintreten, daß sich in einer bisher von fremden Fermenten völlig frei gewesenen Hefe plötzlich ansehnliche Mengen von Fermenten zeigen, und ist diese Erscheinung als ein sicherer Beweis anzusehen, daß in dem Betriebe irgend eine Störung eingetreten sei, wodurch die Entwicklung der fremden Fermente ermöglicht wurde. Im Brauereibetriebe ist z. B. eine solche Störung dadurch möglich, daß die Würze vor dem Stellen durch längere Zeit einer zu hohen Temperatur ausgesetzt war — ein Umstand, welcher die Ausbildung des Milchsäurefermentes in der Würze ungemein begünstigt und bewirkt, daß sich in der vergohrenen Flüssigkeit — die mit ganz reiner Hefe gestellt wurde, neben der neugebildeten Hefe massenhaft Milchsäureferment vorfindet, welches die Hefe verunreinigt und sich bei nachfolgenden Gährungen bald in dem Maße vermehren würde, daß die Gegenwart großer Mengen von Milchsäure in den betreffenden Bieren zu erkennen wäre.

Die Anwendung des Mikroskopes zur Prüfung der Hefe bietet, wie aus der vorstehenden Erörterung zu entnehmen ist, zwar nicht die Möglichkeit, nur mit einem Fermente zu arbeiten, welches völlig frei von allen fremden Beimengungen ist, aber sie gestattet eine Ueberwachung der Hefe in Bezug auf die genügende Reinheit, und es ist durch das Mikroskop auch möglich, den Zeitpunkt zu ermitteln, in welchem der Wechsel der Hefe zu vollziehen ist. Wie schon oben erwähnt wurde, wechseln die Praktiker die Hefe entweder, wenn sie ein Schwächerwerden der vergährenden Thätigkeit derselben wahrnehmen, oder wenn sie eine Verminderung in der Qualität des Bieres beobachten . . . . Letztere tritt aber gewöhnlich erst dann ein, wenn die Hefe mit bedeutenden Mengen von fremden Organismen verunreinigt ist, und wird ein Brauer, welcher sich des Mikroskopes zur Prüfung der Reinheit einer Hefe bedient, gewiß mit dem Hefewechsel nicht so lange zögern, bis sich die nachtheiligen Wirkungen der fremden Fermente durch die Verschlechterung des Geschmackes seiner Produkte kundgeben, sondern er wird aus den Angaben des Mikroskopes mit Leichtigkeit den Zeitpunkt des Wechsels bestimmen können.

Die Prüfung der Hefe, welche von Bieren ausgestoßen wird, das durch längere Zeit auf dem Lager liegt, und im Fall das Bier selbst nicht klar sein sollte, auch jene des Bieres selbst, giebt wichtige Fingerzeige für das Verhalten des Fermentes. Die Hefe, welche solches Bier abscheidet, soll unbedingt neben den unorganisirten Körpern, die man in jeder Bierhefe trifft, frei von allen fremden Organismen sein; im Biere selbst dürfen sich blos Zellen des Alkoholfermentes vorfinden, und können dieselben sowohl dem Fermente der Haupt-

gährung als auch einem der Nachgährungsfermente angehören — müssen aber, wie erwähnt, unbedingt Alkoholfermente sein — denn nur in diesem Falle ist das Bier von normaler Beschaffenheit geblieben. Findet man jedoch in solcher Bierhefe reichliche Mengen von Milchsäureferment, so wird sich dieses Ferment auch in der Flüssigkeit erkennen lassen, und ist diese Beobachtung ein sicherer Beweis dafür, daß solches Bier in Verderben begriffen sei . . . Die chemische Untersuchung wird bald in solchem Biere eine starke Vermehrung der Milchsäure nachweisen.

Zeigen sich in der Hefe des Bieres die ziemlich charakteristischen Gebilde jenes, noch unbenannten Fermentes, welches wir auf Seite 110 beschrieben und abgebildet haben — (das charakteristische Merkmal desselben liegt darin, daß die Körner meistens in der Zahl von vier mit einander vereinigt sind) — so ist die größte Gefahr vorhanden, das Bier völlig zu verderben, wenn man solche Hefe zur Vergährung benützen wollte, indem dieses Ferment schon bei der Hauptgährung das Entstehen von Produkten veranlaßt, welche dem Biere einen eigenthümlichen Geruch und Geschmack ertheilen.

Aus den hier angedeuteten Beispielen ergiebt sich, daß die Anwendung des Mikroskopes in der Brauerei Vortheile bietet, die gewiß nicht zu unterschätzen sind, indem durch das Mikroskop das Eintreten gewisser Erscheinungen angedeutet wird, welche sich ohne Anwendung desselben erst nach längerer Zeit in der Weise kenntlich machen, daß das Bier einen unangenehmen Geschmack oder Geruch erhält — mit einem Wort nicht mehr von normaler Beschaffenheit ist . . . Das Mikroskop ist in der Brauerei ein Wächter für die Reinheit der Gährung.

Die mikroskopische Prüfung der Branntweinhefe.

Für die Zwecke des Branntweinbrenners ist die Anwendung des Mikroskopes ebenfalls von großer Bedeutung, indem derselbe durch die Benutzung dieses Instrumentes in der Lage sein wird, sich Aufschlüsse über die Beschaffenheit seiner Hefe zu verschaffen; aus der Menge des Milchsäurefermentes, welche sich in der Hefe neben dem Alkoholfermente finden wird, kann er bei einiger praktischen Erfahrung und unter gleichzeitiger Beobachtung der Gährung sichere Schlüsse darauf ziehen, ob die Hefe eine eben genügend sauere Beschaffenheit besitzt, oder ob dieselbe zu stark sauer ist; im letzteren Falle ist die Benutzung solcher Hefe zur Vergährung von Branntweinmaischen ebenfalls mit Nachtheilen verbunden, indem die Entstehung einer größeren Menge von Milchsäure in der Maische die nachwirkende Kraft der Diastase beeinträchtigt, und in Folge dessen die Ausbeute an Alkohol vermindert werde.

Neben der Controle über die Mengen des Milchsäurefermentes, welches sich neben dem Alkoholfermente in der Hefe vorfindet, dient das Mikroskop aber auch in diesem Falle dazu, die Reinheit der Gährung festzustellen, und z. B. das Auftreten des Buttersäurefermentes alsbald zu ermitteln.

Die mikroskopische Prüfung des Weines auf die Gegenwart von Fermenten.

Ganz besondere Wichtigkeit besitzt aber das Mikroskop für den Weinproducenten, indem der Wein unter allen durch Gährung dargestellten Flüssigkeiten jene ist, welche die längste Zeit hindurch mit den Fermenten in Berührung bleibt, und sich gerade in dem Weine nicht selten fremde Fermente, welche das Erkranken des Weines bedingen, in großer Zahl einstellen.

Wenn man die Hefe untersucht, welche sich bei der Hauptgährung des Weinmostes abscheidet, so zeigt sich dieselbe unter dem Mikroskope als aus sehr verschiedenen Körpern bestehend, und gilt dies in besonders hohem Grade von jener Hefe, die sich am ersten Tage der Gährung ausscheidet. Es wurde schon früher erwähnt, daß die Gährung des Weinmostes eine sogenannte freiwillige sei — das heißt, daß der Most in Gährung gelange, ohne daß ihm absichtlich Ferment zugesetzt wurde. Wir haben erwähnt, daß an den Beeren und Kämmen der Traube die Sporen von Fermenten in großer Zahl angetroffen werden, und zwar sind es nicht die Sporen der specifischen Alkoholfermente der Weingährung allein, welche in den Most gelangen, sondern finden sich neben diesen auch noch zahlreiche Sporen anderer Pflanzen vor. Letztere werden, wenn sie durch die Entwicklung der Kohlensäure, die mit dem Beginn der Gährung zusammenfällt, völlig von freiem Sauerstoff abgeschlossen werden, in kurzer Zeit getödtet, und scheiden sich neben Krystallen von Weinstein und unlöslich gewordenen Eiweißstoffen ab. Man wird daher mit Hülfe des Mikroskopes in der Hefe eine Menge von Organismen neben Krystallen, ferner Zellentrümmer, welche von den Hülsen der Trauben herstammen, nachweisen können.

Im weiteren Verlaufe der Gährung gewinnt aber das Alkoholferment das Uebergewicht und besteht in diesem Falle die Hefe nur mehr aus jenem Alkoholfermente, welches die Hauptgährung veranlaßt, Eiweißkörpern und Krystallen. Zu Ende der Hauptgährung beobachtet man das Zurücktreten des Fermentes, welches bei der Hauptgährung thätig war und wird dasselbe durch jenes Ferment ersetzt, das die Nachgährung des Weines bedingt. Ist der Wein endlich durch wiederholtes Ablassen klar geworden, so darf das Mikroskop bei normaler Entwickelung des Weines überhaupt keine Organismen mehr nachweisen, sondern sollen die Bodensätze, welche sich noch immer aus dem jungen Weine ablagern, blos aus unorganisirter Materie (unlöslich gewordenem Eiweiß und aus Weinsteinkrystallen) bestehen. Die größte Bedeutung für den Weinproducenten erlangt jedoch das Mikroskop bei der Prüfung von Weinen, welche durch längere Zeit gelagert haben und an welchen man Erscheinungen wahrnimmt, die nicht in den Rahmen der normalen Entwickelung des Weines fallen. Diese Erscheinungen werden aber in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle durch die Entwickelung von Fermenten veranlaßt, welche theils auf der Oberfläche des Weines, theils in der ganzen Masse des Weines vertheilt, theils aber auch in den Bodensätzen selbst anzutreffen sind.

Die mikroskopische Prüfung eines Weines wird daher sowohl mit Proben

vorzunehmen sein, welche an der Oberfläche der Flüssigkeit entnommen sind, als sich auch auf solche beziehen müssen, die am Boden des Fasses lagern. Jene Fermente, die man als Weinkahn und Essigkahn bezeichnet, bedürfen zu ihrem Leben des freien Sauerstoffes und werden sich demgemäß auf der Oberfläche des Weines am leichtesten nachweisen lassen; wenn diese Fermente schon durch längere Zeit auf den Wein eingewirkt haben, so findet man auch die Zellen derselben in der Tiefe des Fasses vor; diese Zellen sind aber abgestorben und auch gewöhnlich schon stark mit braunen Farbstoffen (bei Rothwein mit rothen) incrustirt. Das Ferment, welches das Zähewerden des Weines veranlaßt, findet sich gewöhnlich durch die ganze Masse der Flüssigkeit verbreitet und beobachtet man auch an Weinen, welche das Milchsäureferment in lebendem Zustande in großer Menge beherbergen, daß die ganze Flüssigkeit von demselben erfüllt ist, wobei übrigens bemerkt werden muß, daß sich die größte Menge dieses Fermentes in der ruhenden Flüssigkeit im Bodensatze vorfindet. Jene Fermente, welche das Umschlagen der Weine, das Bitterwerden der Rothweine und den Rauchgeschmack der Weine bedingen, lassen sich in ruhendem Weine nur im Bodensatze nachweisen und sind durch ihre charakteristischen Formen bei einiger Uebung in der mikroskopischen Beobachtung leicht zu erkennen. . . .

Ich habe mich wiederholt davon überzeugt, daß die fleißige Beobachtung eines Rothweines — respective des Bodensatzes, der sich in jedem Rothweine bildet, den sichersten Schutz gegen die so verderbliche Erscheinung des Bitterwerdens bietet — einer Erscheinung, welche fast immer mit dem völligen Verluste des betreffenden Weines endigt. Man kann nämlich in einem Weine mit Hülfe des Mikroskopes mit aller Bestimmtheit das Vorhandensein des charakteristisch gestalteten Fermentes, welches wir als die Ursache des Bitterwerdens ansehen müssen, nachweisen, ehe noch der geübteste Geschmackssinn im Stande ist, eine Veränderung in den Eigenschaften des betreffenden Weines zu erkennen. Wenn man derartige Weine dem Erhitzen unterwirft, so werden schon bei einer etwa 50 Graden liegenden Temperatur die Organismen des Bitterfermentes getödtet und ist in diesem Falle die Erhaltung des Weines der Anwendung des Mikroskopes zu danken. . . . denn, wie man sich leicht überzeugen kann, wird in einem späteren Stadium der Thätigkeit des Bitterfermentes der Geschmack des Weines in solcher Weise geändert, daß der Wein völlig ungenießbar wird. Nach meinen Beobachtungen walten ganz ähnliche Verhältnisse bezüglich jenes Fermentes, welches die Erscheinung des sogenannten Rauchgeschmackes im Weine bedingt; man sieht das Ferment, bevor man aus den Produkten, welche dasselbe erzeugt, auf seine Gegenwart schließen kann.

In den meisten Fällen, in welchen man das Mikroskop zur Anwendung bringt, wird dasselbe Aufschlüsse ertheilen, welche die Veränderungen, denen der Wein nach längerer Einwirkung dieser Fermente unterliegen würde, meistens schon zu einer Zeit anzeigen, zu welcher es noch möglich erscheint, denselben zu retten. . . . Das Mikroskop ist demnach auch für den Winzer ein ebenso werthvolles Instrument, wie für den Brauer oder für den Branntweinbrenner. Es muß aber hier angeführt werden, daß man die Bedeutung der mikroskopischen

Prüfung eines Fermentes — respective einer gegohrenen Flüssigkeit — nicht überschätzen darf.

Jene Fermente, welche charakteristische Formen haben, werden von dem in mikroskopischen Arbeiten Geübten mit Sicherheit in einer Flüssigkeit nachgewiesen werden können und wird man der Natur der betreffenden Organismen nach auch im Stande sein, die Veränderungen vorher zu bestimmen, welche sie in dem Weine oder in irgend einer anderen gegohrenen Flüssigkeit hervorbringen werden. Anders verhält es sich aber in jenen Fällen, in welchen die Untersuchung einer Flüssigkeit auf mikroskopischem Wege nichts weiter zeigt, als das Vorhandensein der winzigen, meist kugelförmigen Zellen der Spaltpilze, die bisweilen auch zu Schnüren aneinandergereiht sind.

Die mikroskopische Untersuchung zeigt in diesem Falle blos das Vorhandensein eines Fermentes an und zwar eines solchen, welches bei länger andauernder Wirkung schließlich die Flüssigkeit völlig zerstören wird; damit ist aber auch alles erforscht, was wir durch das Mikroskop über diese Fermente erfahren können, indem wir nicht im Stande sind, verschiedenartige Spaltpilze von einander zu unterscheiden. In einem solchen Falle kann nur die chemische Untersuchung der Flüssigkeit Aufschluß geben und zwar auch immer nur von Fall zu Fall, indem Niemand im Stande ist, die Veränderungen, welche die Flüssigkeit durch die Wirkung eines gewissen Spaltpilzes erleiden kann, mit Bestimmtheit in Vorhinein anzugeben.

Uebrigens dürfen wir selbst auch in Bezug auf die Spaltpilze die Hoffnung nicht aufgeben, daß es gelingen werde, gewisse Spaltpilze nach bestimmten äußeren Merkmalen von einander zu unterscheiden. Ein Beispiel scheint in dieser Richtung schon vorzuliegen. . . . Das Ferment, welches in noch gährender Bierwürze das Auftreten des eigenthümlichen früchteartigen Geruches und ebenso eigenthümlichen saueren Geschmackes bedingt, scheint mir nach seinem Aussehen zu den Spaltpilzen zu gehören: die ungemein geringe Größe der Zellen spricht schon hierfür. Wie nun schon erwähnt wurde, haben die Zellen dieses Fermentes die charakteristische Eigenthümlichkeit, gewöhnlich zu vier — seltener zu zweien vereinigt vorzukommen und kann man dies Auftreten — in Ermangelung genauerer Kennzeichen — als ein Merkmal für dieses eigenthümliche Ferment ansehen.

Die Durchführung der mikroskopischen Prüfung der Fermente.

Bei der mikroskopischen Prüfung der Fermente ergeben sich manche Umstände, welche selbst für denjenigen, der in mikroskopischen Arbeiten bedeutende Uebung besitzt, störend auf die richtige Beobachtung einwirken können und wollen wir daher einige Worte über den Gebrauch des Mikroskopes zur Beobachtung der Fermente anführen.

Was zuerst das zu solchen Untersuchungen taugliche Instrument betrifft, so muß dasselbe ein gutes lichtstarkes Mikroskop sein, welches mindestens eine Vergrößerung von 400 Male linear besitzt. Bei Vergrößerungen, welche geringer sind, als die eben genannte, ist man nicht mehr im Stande, die kleineren Ferment=

organismen deutlich zu erkennen; bei Anwendung sehr starker Vergrößerungen wachsen die Schwierigkeiten der Beobachtung in hohem Grade; überdies nimmt die Helligkeit des Gesichtsfeldes sowie die Größe der übersehenen Fläche sehr stark ab. Wir haben für die mikroskopische Prüfung der Fermente immer solche Vergrößerungen, welche zwischen 400 und 600 linear betragen, als die zweckentsprechendsten gefunden — die Zeichnungen der Fermente, welche sich in diesem Werke vorfinden, sind sämmtlich mit Hülfe von Mikroskopen angefertigt, deren Vergrößerung innerhalb der vorgenannten Grenzen lag. Starke Vergrößerungen, welche bis zu 1000 linear und darüber hinausgehen, sollen nur in Ausnahmefällen angewendet werden, z. B. in jenen, in welchen es sich darum handelt, das Innere einer Hefezelle genau auf die Beschaffenheit des Protoplasma oder der Vacuolen zu untersuchen.

Anfänger in mikroskopischen Arbeiten lassen sich erfahrungsmäßig leicht dazu verleiten, die stärksten Vergrößerungen anzuwenden, welche ihr Mikroskop zu geben vermag — die Folge davon ist aber gewöhnlich die, daß sie nach viel fruchtloser Arbeit, die Objecte deutlich sehen zu können, schließlich zu den geringeren Vergrößerungen zurückgehen, mit welchen sie eigentlich ihre Arbeiten hätten beginnen sollen.

Die Anwendung einer zwischen 400 und 600 liegenden Vergrößerung hat aber den wesentlichen Vortheil für sich, daß das Gesichtsfeld noch genügend hell erscheint und daß man eine viel größere Fläche auf ein Mal zu übersehen im Stande ist, als wenn man mit mächtigen Vergrößerungen arbeitet. Je größer aber die auf einmal zu überblickende Fermentmenge ist, desto leichter wird es sein, in derselben die Gegenwart fremder Organismen zu constatiren, was ja eigentlich der Hauptzweck der mikroskopischen Untersuchung ist.

Die zu prüfende Masse, welche der Durchsichtigkeit wegen stets mit einer genügenden Wassermenge versetzt sein muß — frische Bierhefe oder Preßhefe muß vorher immer mit Wasser zu einer trüben Flüssigkeit vermischt werden — soll immer in Gestalt eines kleinen flachen Tropfens auf dem Glasplättchen, welches als Objectträger dient, ausgebreitet werden. Hat man Flüssigkeiten zu untersuchen, welche in starker Gährung begriffen sind, so wirken die nicht organisirten Körper, welche sich neben den Fermenten vorfinden, störend auf die Beobachtung der Hefeorganismen ein und thut man in einem solchen Falle gut, die zu untersuchende Probe nicht aus dem Bodensatze der Flüssigkeit selbst, sondern aus den höheren Schichten der Flüssigkeit zu entnehmen; dieselben enthalten fast immer so viele Fermentzellen schwebend, daß die Zahl derselben zur Beobachtung hinreichend erscheint, indeß die nicht organisirten Körper (unlöslich gewordenes Eiweiß) in diesen Flüssigkeitsschichten weniger häufig vorkommen.

Vielen Anfängern in der Handhabung des Mikroskopes gelingt es trotz vielen Bemühens nicht, das Mikroskop dem Objekte gegenüber in eine solche Stellung zu bringen, daß letzteres deutlich gesehen werden kann, und erfordert dies in der That einige Uebung, indem bei einer Vergrößerung, wie sie bei der Beobachtung von Fermentorganismen stets nothwendig ist, schon eine ganz schwache Verschiebung des Mikroskopes genügt, um das Objekt wieder in solche Entfernung

zu rücken, daß es nicht mehr deutlich wahrgenommen werden kann. Man soll aus diesem Grunde immer nur solche Mikroskope benutzen, an denen die Einrichtung der Mikrometerschraube angebracht ist, mit Hülfe welcher es möglich erscheint, das Mikroskop um ein ganz Geringes heben oder senken zu können. Anfängern in mikroskopischen Arbeiten geschieht es auch nicht selten, daß sie den Tropfen von Flüssigkeit, welcher zur Beobachtung verwendet wird, zu groß wählen; in einem solchen Tropfen finden sich nun so zahlreiche Schichten von Organismen übereinander, daß die Bilder hierdurch sehr lichtschwach erscheinen, und kommt es vor, daß bei unvorsichtiger Behandlung des Mikroskopes das Objektiv selbst in die Flüssigkeit eintaucht. Es bleibt dann gewöhnlich nichts übrig, als die Beobachtung zu unterbrechen, das Objektiv sorgfältig zu reinigen und die Arbeit von Neuem zu beginnen.

Es gibt jedoch auch Constructionen von Objektiven, weche sich ganz besonders zur Beobachtung solcher Objekte eignen, die immer in Flüssigkeiten schwimmend beobachtet werden müssen, wie dies bei den Fermentorganismen stets der Fall ist. Diese Art von Objektiven — die sogenannten Immersions-Objective sind so construirt, daß man die Gegenstände, welche unter dem Mikroskope liegen, erst dann deutlich wahrnimmt, wenn die Objectiv-Linse in die Flüssigkeit eintaucht.

Besondere Erscheinungen bei der mikroskopischen Prüfung von Fermenten.

Bei der Beobachtung von Fermentorganismen mit Hülfe des Mikroskopes macht man gewisse Wahrnehmungen, welche, wenn nicht richtig gedeutet, leicht zu Irrthümern Veranlassung geben können. Ganz besonders sind es die verschiedenen Arten von Bewegung, welche den Fermentorganismen eigen ist, durch welche leicht Fehler in der Beobachtung vorkommen können und erscheint es uns daher von Wichtigkeit, diesen Erscheinungen einige Worte zu widmen.

So oft wir einen Körper — auch wenn derselbe keine Organisation zeigt — bei starker Vergrößerung unter dem Mikroskope beobachten, nehmen wir eigenthümliche, zuckende Bewegungen an demselben wahr, die sich in unbestimmten Zeiträumen wiederholen und für welche scheinbar keine äußere Ursache vorhanden ist. Die Ursache dieser Bewegung scheint aber dennoch in allen Fällen eine äußere und auf Erschütterungen zurückzuführen zu sein, welche die auf der Objectplatte liegenden Gegenstände erleiden. Daß wir diese Erschütterungen nicht direkt wahrnehmen, ist wohl aus der Stumpfheit unserer Sinne zu erklären; wir müssen eben bedenken, daß wir Körper beobachten, welche erst bei einer 4—500maligen Vergrößerung deutlich gesehen werden und welchen ein so geringes Gewicht zukommt, daß schon die geringste Störung der Ruhe in der Flüssigkeit die Bewegung dieser kleinen Körper nach sich ziehen muß.

Man hat diese eigenthümliche Art der Bewegung — die von äußeren Einflüssen bedingt wird, mit dem Namen der Molecular-Bewegung oder nach demjenigen, welcher zuerst auf dieselbe aufmerksam machte, mit dem Namen der Brown'schen Bewegung bezeichnet. Nachdem, wie gesagt, diese Bewegungserscheinungen auch an völlig unorganisirten Körpern wahrgenommen werden können,

so muß man sich hüten, dieselbe als eine selbstständige Art der Bewegung der Fermente erklären zu wollen.

Ebenso wenig selbstständig ist eine Art der Bewegung, die man bei der Beobachtung etwas größerer Tropfen von Flüssigkeit machen kann; man sieht in diesem Falle nicht selten, daß die in der Flüssigkeit schwimmenden Organismen mit großer Geschwindigkeit über das Gesichtsfeld des Mikroskopes dahin schießen und einem außerhalb desselben gelegenen Punkte zueilen. Diese Art der Bewegung wird einfach dadurch bedingt, daß in der Flüssigkeit, in welcher die Organismen schwimmen, Strömungen stattfinden, durch welche die Organismen mitgeführt werden. Man kann sich leicht von der Richtigkeit dieser Annahme überzeugen, wenn man die Lage des Objectträgers etwas ändert; die Strömung nimmt in diesem Falle leicht eine andere Richtung an und werden die Organismen wieder nach derselben hingeführt.

Das sicherste Merkmal, daß man es nicht mit einer selbstständigen Bewegung der Organismen zu thun habe, liegt aber darin, daß man die Beobachtung macht, daß alle Organismen nach einer und derselben Richtung geführt werden, indem sie alle von der gleichen Strömung erfaßt sind. Nach einiger Zeit vermindert sich gewöhnlich die Geschwindigkeit, mit welcher die Organismen über das Gesichtsfeld des Mikroskopes hineilen und kann man dieselben allmälig zur Ruhe kommen sehen. Wenn man bei der Zubereitung des Objectes die Vorsicht beobachtet, die Flüssigkeit nur in dünner Schicht auf dem Objectträger auszubreiten, so finden die Strömungen in der Flüssigkeit entweder gar nicht oder nur sehr schwach statt und kann man die Fermentzellen bald zur völligen Ruhe kommen sehen.

Wenn man größere Organismen betrachtet, z. B. die Zellen von Bierhefe, so macht man die Wahrnehmung, daß im Inneren derselben ebenfalls Bewegungen stattfinden; man erkennt deutlich, daß an den Wänden der Zellen Flüssigkeitsströme mit größerer oder geringerer Geschwindigkeit hinziehen. In dieser Strömung im Innern der Zellen haben wir nun eine Bewegung vor uns, welche durch keine äußere Ursache bedingt wird, sondern welche dem Organismus eigenthümlich ist. Diese kreisende Bewegung des Zellinhaltes ist eine Folge der Lebensthätigkeit der Organismen selbst und wird durch eine Strömung des Zellinhaltes (des Protoplasma's) bedingt, welches nach und nach mit der Zellhülle in Berührung zu kommen strebt, um durch dieselbe gewisse Stoffe nach Außen hin abzugeben oder andere auf demselben Wege in sich aufzunehmen. Die Wahrnehmung dieser Strömungen im Innern der Zellen ist zugleich das sicherste Merkmal dafür, daß man lebendes Ferment vor sich habe; in dem Momente, in welchem die Zelle abstirbt, hören diese Strömungen auf. In den meisten Fällen findet gleichzeitig eine Aenderung in der Zellhülle statt und scheint dieselbe nicht mehr so stramm gespannt zu sein, wie in der lebenden Zelle. — Das Abnehmen der Durchsichtigkeit der Zellen läßt auch auf eine Abnahme in der Spannung der Zellhülle schließen.

Für das Absterben der Zellen bildet auch die Aenderung in der Zahl und Größe der Vacuolen — das sind die in dem Protoplasma vorhandenen Hohlräume — einen sicheren Anhaltspunkt; gewöhnlich tritt mit dem Absterben der Zelle binnen kurzer Zeit eine sehr merkbare Aenderung in der Zahl und Größe

der Hohlräume ein und läßt diese Erscheinung in allen Fällen auf eine tiefgehende Aenderung in dem Lebensprocesse der Zellen schließen. Wie wir schon früher erörtert haben, tritt dieselbe immer ein, wenn man die Ernährungsverhältnisse der Hefe plötzlich ändert oder selbst nur in der Concentration der Nährflüssigkeit eine größere Aenderung herbeiführt.

Während man an jenen Fermenten, die man zu den eigentlichen Alkoholfermenten rechnet, keine anderen Bewegungen wahrnimmt, als jene, welche wir eben geschildert haben, kann man an gewissen Fermenten Bewegungen beobachten, welche unbedingt als selbstständige aufgefaßt werden müssen und haben diese Bewegungen wohl hauptsächlich die Veranlassung zu der Annahme gegeben, daß gewisse Fermentorganismen nicht zu den Pflanzen, sondern zu den Thieren zu rechnen seien. Seitdem man aber mit Bestimmtheit weiß, daß selbstständige Bewegungen vielen Organismen eigen sind, welche man ganz entschieden zu den Pflanzen rechnen muß, kommt die Mehrzahl der Forscher von der Ansicht: einige Gährungsorganismen seien als Thiere zu betrachten, immer mehr und mehr zurück und haben wir eigentlich nur über eines der hierher gehörigen Wesen — über das Buttersäureferment — noch keine bestimmten Anhaltspunkte, ob dasselbe zu den Pflanzen oder zu den Thieren gezählt werden müsse, obwohl das physiologische Verhalten des Buttersäurefermentes auch dahin zu deuten scheint, daß auch dieses Ferment eine Pflanze sei.

Obwohl die folgende Bemerkung nicht in den Rahmen der Betrachtungen gehört, welchen dieser Abschnitt unseres Werkes gewidmet ist, wollen wir sie dennoch hierher setzen, indem sie geeignet ist zu zeigen, daß der Streit: ob gewisse Fermentorganismen thierischer oder pflanzlicher Natur seien, ein ziemlich überflüssiger — jedenfalls aber für die Lehre von den Gährungsorganismen belangloser ist. Häckel spricht nämlich die Anschauung aus, daß wir die Gährungsorganismen überhaupt nicht strenge in das Pflanzen- oder in das Thierreich verweisen dürfen, indem — wie sich auch aus den vorstehenden Abschnitten ergiebt, diesen merkwürdigen Organismen Eigenschaften zukommen, welche uns dieselben besonders in Bezug auf ihre Ernährung als ein Mittelding zwischen Pflanze und Thier erscheinen lassen. Diese Eigenschaften mögen es wohl gewesen sein, welche Häckel veranlaßten, die Gährungsorganismen und die Pilze überhaupt als eine besondere Gruppe von Lebewesen hinzustellen, welche er als Protisten bezeichnet. Es ist hier nicht der Ort, zu untersuchen, ob diese Anschauung eine allgemein gültige Berechtigung habe; doch scheint sie viel Wahres gerade in Bezug auf die eigentlichen Fermente in sich zu schließen. . . . Jedenfalls müssen wir sagen, daß die Fähigkeit der selbstständigen Bewegung — wie schon aus älteren Untersuchungen über diesen Gegenstand hervorgeht — eine solche ist, welche nicht den Thieren allein zukommt, sondern auch gewissen niederen Pflanzen eigen ist.

Die Fähigkeit, sich selbstständig zu bewegen, kommt ganz besonders jener Gruppe von Organismen zu, welche wir als Bacterien bezeichnen, und interessiren uns hier ganz besonders jene Bacterien, die bei bestimmten Gährungserscheinungen auftreten; es sind dies die Organismen, die bei der Milchsäuregährung und bei

der Buttersäuregährung mit wirken. Wenn man z. B. Branntweinhefe beobachtet, welche ziemliche Mengen von Milchsäureferment enthält, kann man ganz deutlich die Wahrnehmung machen, daß den Milchsäurebacterien eine selbstständige Bewegung zukomme. Während nämlich die Zellen des Alkoholfermentes ruhig liegen, oder alle durch Strömungen in der Flüssigkeit in einer und derselben Richtung fortgeführt werden, bewegen sich die Milchsäurebacterien ganz unabhängig von den in der Flüssigkeit vor sich gehenden Strömungen zwischen den Zellen des Alkoholfermentes hin und her, und beobachtet man nicht selten, daß die Richtung, in welcher sie sich bewegen, jener, in welcher die Zellen des Alkoholfermentes durch Strömungen in der Flüssigkeit hingeführt werden, geradezu entgegengesetzt ist.

Die Bewegung der Milchsäurebacterien und auch jene der Buttersäure-Bacterien ist eine mehr oder minder rasch vorwärts schreitende, und befinden sich die Organismen dabei in einer wälzenden oder eigenthümlich zitternden Bewegung; letztere Art der Bewegung ist eine so charakteristische, daß man früher sogar eine besondere Gruppe von Wesen als Vibrionen bezeichnete. Die Geschwindigkeit der Bewegung scheint im hohen Grade von dem Befinden der Fermentorganismen abhängig zu sein; je kräftiger die betreffende Gährung in der Flüssigkeit vor sich geht, je geeigneter die Flüssigkeit zur Ernährung der Organismen erscheint, desto rascher sind diese Bewegungen; in Flüssigkeiten, welche schon bis zu einem gewissen Grade vergährt sind, nehmen die Bewegungen sehr an Raschheit ab; mit dem Tode der Organismen hören sie gänzlich auf. Setzt man zu dem Flüssigkeitstropfen, welcher sich unter dem Mikroskope befindet, solche Körper, welche überhaupt der Thätigkeit der Fermente feindlich entgegentreten, so beobachtet man eine sehr rasche Abnahme der Bewegung, und tritt in kurzer Zeit völlige Ruhe ein: die Fermente sind dann getödtet.

Außer bei den eben genannten Fermenten, die wir etwas näher kennen, finden wir derartige Bewegungen noch bei vielen anderen, über deren Natur und Wirksamkeit wir bis nun beinahe völlig im Dunkeln sind. Wenn wir z. B. eine Flüssigkeit beobachten, welche sich in der sogenannten fauligen oder Faulnißgährung befindet, so zeigt uns ein gutes Mikroskop unzählige Organismen von verschiedener Gestalt, welche sich in der Flüssigkeit mit oft überraschender Schnelligkeit selbstständig bewegen, oft raketenartig über das Gesichtsfeld dahin fliegen, so daß eine genaue Beobachtung derselben gar nicht möglich erscheint; erst wenn man der Flüssigkeit einen Körper zusetzt, welcher als Gift auf diese Organismen einwirkt, werden die Bewegungen langsamer und hören endlich gänzlich auf.

Ob jenen winzigen Wesen, die wir als Spaltpilze zu bezeichnen haben, ebenfalls selbstständige Bewegung zukomme, ist der ungemein geringen Größe derselben noch nicht mit Sicherheit ermittelt — doch erscheint es uns ziemlich wahrscheinlich, daß dieß auch der Fall sei.

Die Prüfung der Alkoholfermente auf chemischem Wege.

Die mikroskopische Beobachtung der Fermente giebt selbst dem geübtesten Beobachter nicht die volle Gewißheit, daß man es absolut nur mit einem bestimmten Fermente zu thun habe, und alle Zellen, die man unter dem Mikroskope wahrnimmt, einem und demselben Organismus angehören; es wurde schon erwähnt, daß man bei längerem Gebrauche einer unter dem Mikroskope scheinbar völlig rein erscheinenden Bierhefe Organismen auftreten sieht, welche anderen Fermenten angehören. In vielen Fällen geschieht dies unter Umständen, in welchen man das Hinzukommen der fremden Fermente aus der Luft oder aus den Gefäßen, in welchen die Hefe cultivirt wurde, annehmen kann. Man hat aber auch unter Anwendung aller nur denkbaren Vorsichtsmaßregeln bei der Erziehung von Fermenten ebenfalls die Wahrnehmung gemacht, daß mit einem Male neue Organismen neben jenen des Alkoholfermentes auftraten, und bleibt in diesem Falle nur die Annahme möglich, daß die Keime dieser Fermente schon in der Hefe enthalten waren aber bei der mikroskopischen Prüfung nicht wahrgenommen wurden.

Wir haben schon auseinander gesetzt, welche großen Nachtheile das Auftreten dieser Fermente in der Hefe im Gefolge haben kann, und erscheint es daher für den Praktiker von großer Wichtigkeit, ein Mittel zu finden, welches die Gegenwart dieser Fermente anzeigt, bevor sie sich in solcher Weise vermehrt haben, daß hierdurch ein schädlicher Einfluß auf die Beschaffenheit der gährenden Flüssigkeit genommen werde, denn bis nun kennen wir leider kein Mittel, das Vorhandensein der Fermente mit voller Sicherheit zu constatiren, bevor man dieselben mit dem Mikroskope selbst deutlich erkennt.

Die genauesten Anzeichen für das Vorhandensein eines fremden Fermentes in einer gährenden Flüssigkeit haben sich mir immer aus einer mit der größten Sorgfalt vorgenommenen Bestimmung der in der Flüssigkeit vorhandenen Säuremenge ergeben, welche nicht zu den nicht flüchtigen Säuren gehören. In einem vollständig vergohrenen Weine findet sich neben den nicht flüchtigen Säuren (Weinsäure, Bernsteinsäure u. s. w.) stets eine sehr geringe Menge von flüchtigen Säuren, deren Hauptmasse aus Essigsäure besteht und als solche berechnet, höchstens einige Zehntausendstel der Flüssigkeit ausmacht. In einem völlig gesunden Weine bleibt diese Säuremenge unverändert; sobald aber der Wein durch irgend ein Ferment eine Veränderung erleidet — erkrankt, läßt sich auch mit Bestimmtheit eine Erhöhung seines Gehaltes an Essigsäure nachweisen, und ist dieser Nachweis ein so scharfer, daß man das Eintreten des Erkrankens durch ein Ferment in einem Weine mit voller Bestimmtheit erkennen kann, wenn auch die mikroskopische Untersuchung noch nicht die Gegenwart eines Fermentes nachweisen läßt.

Ein ähnliches Verhältniß, wie bei dem Weine waltet auch bei dem Biere ob; bevor man noch die Milchsäure-Bacterien, von welchen das Bier, wenn es verdirbt, gewöhnlich befallen wird, mittelst des Mikroskopes erkennen kann, läßt

sich schon bei sorgfältiger Prüfung eine Steigerung des Säuregehaltes der Flüssigkeit wahrnehmen. Selbstverständlich muß man, bevor man diese Prüfung vornimmt, die Kohlensäure aus der Flüssigkeit durch Erwärmen der letzteren austreiben und muß eine bestimmte Menge der Flüssigkeit der Destillation unterzogen werden; die Essigsäure findet sich in dem Destillate und kann in diesem bestimmt werden. Obwohl die Bestimmung so kleiner Mengen von Essigsäure große Aufmerksamkeit bei der Arbeit erfordert, so glaube ich doch, dieselbe den Praktikern empfehlen zu sollen, indem sie mir bei der Untersuchung des Weines sehr scharfe und sichere Resultate geliefert hat.

Auf die Hefe selbst läßt sich diese Untersuchungsmethode nur schwer anwenden, da die Hefe auch in völlig gesundem Zustande immer eine saure Beschaffenheit zeigt, welche wahrscheinlich jene nach dem Alter der Organismen und ihrer Ernährung eine verschieden starke ist; jedenfalls fehlen bis jetzt noch genauere Untersuchungen über die Mengen von Säure, welche von der Hefe producirt werden, und ist ohne das Vorhandensein solcher nicht an eine genaue Bestimmung der Säurezunahme in Folge Entwicklung fremder Organismen in der Hefe zu denken.

Wenn es sich aber darum handelt in einer Flüssigkeit, welche durch die Wirkung von Alkoholfermenten entstanden ist — Wein oder Bier —, nach anderen Fermenten zu suchen, wird die Bestimmung des Säuregehaltes der Flüssigkeit stets sichere Anhaltspunkte für das Vorhandensein solcher Fermente geben, wenn man bei zwei, innerhalb einiger Tage aufeinander folgenden Bestimmungen eine Zunahme des Säuregehaltes nachweisen kann; die mikroskopische Untersuchung wird dann bald die Anwesenheit der fremden Fermente mit voller Sicherheit erkennen lassen.

Die Prüfung der chemischen Fermente.

Unter jenen Fermenten, welche wir als die sogenannten chemischen Fermente bezeichnen, kommt eigentlich nur einem derselben eine ausgedehntere industrielle Bedeutung zu; es ist dies die Diastase, und bildet die Darstellung derselben den Gegenstand eines besonderen Zweiges der Gährungschemie: der Malzfabrikation. Der eigentliche Zweck der Fabrikation des Malzes ist nämlich der, durch die richtige Führung des Keimungsprocesses des Getreides in letzterem die Entstehung einer möglichst großen Menge jener Verbindungen zu veranlassen, welche wir als Diastase zu bezeichnen haben.

Bei der Diastase haben wir es in allen Fällen mit einer oder mehreren chemischen Verbindungen von bestimmten Eigenschaften zu thun und ist es aus diesem Grunde viel leichter, eine Werthbestimmung dieses Fermentes vorzunehmen, als bei den organisirten Fermenten, bei welchen es nicht allein auf die vergährend wirkenden Eigenschaften derselben ankommt, sondern bei denen noch manche andere Punkte in Erwägung zu ziehen sind, welche wir schon im Vorhergehenden angedeutet haben.

Wie gesagt, wird die Werthbestimmung eines Malzes abhängig sein von der Menge von wirksamer Diastase, welche sich in einer gewissen Menge des

Malzes vorfindet, und sind neben diesem Körper noch einige andere in Betracht zu ziehen, deren Entstehung aber von Factoren abhängt, welche mit dem eigentlichen Keimprocesse in keinem Zusammenhange stehen; es sind dies namentlich gewisse Verbindungen, welche sich aus den Bestandtheilen des gekeimten Getreidekornes in Folge der Wärme bilden, die bei dem sogenannten Darren des Malzes in Anwendung gebracht wird.

In der Praxis wird die Werthbestimmung eines Malzes immer in der Weise vorgenommen, daß man die Menge der wirksamen Diastase, welche in einer gewissen Menge von Malz enthalten ist, zu bestimmen sucht. Als Maßstab hierfür gilt die Eigenschaft der Diastase, Stärkemehl in lösliche Verbindungen überzuführen; je größer die Menge der löslichen Stoffe ist, die sich beim Einmaischen einer gewogenen Malzmenge ergiebt, desto beträchtlicher ist auch die Menge von wirksamer Diastase, welche sich in dem betreffenden Malze vorfindet und desto brauchbarer ist dasselbe für die Zwecke jener Gährungstechniker, welche Malz verwenden.

Indem einer gewissen Menge von Diastase die Eigenschaft zukommt, eine viel größere Menge von Stärkemehl zu verflüssigen, als sich in den Getreidekörnern vorfindet, in welchen sie gebildet wurde, so läßt sich auch die Prüfungsmethode in der Weise abändern, daß man den Versuch in der Weise anstellt, daß man die Menge von Stärkemehl ermittelt, welche der Auszug einer gewissen Menge von Malz überhaupt zu verflüssigen im Stande ist. Je größer die Menge von Stärkemehl ist, die durch eine gegebene Menge von Malz-Extract in lösliche Verbindungen übergeführt werden kann, desto wirksamer ist die Diastase und desto werthvoller ist — vom Standpunkte der Fermentwirkung betrachtet — das Malz, welchem die Diastase entstammt. Es versteht sich von selbst, daß man bei der Prüfung der Diastase auf diese Weise immer dahin streben muß, die Wirkung des Fermentes so weit zu treiben, als dieses überhaupt möglich ist — somit bis zur Erzielung der größten Menge von Maltose, welche sich durch die Wirkung der Diastase überhaupt in der Flüssigkeit zu bilden vermag.

XVII. Die Erziehung reiner Hefe.

Für die Zwecke des Branntweinbrenners und des Bierbrauers, namentlich für letzteren, ist die Reinheit der von ihm verwendeten Hefe eine Sache von größter Wichtigkeit und ist es begreiflich, daß eine Hefe, welche ganz rein, das heißt völlig frei von fremden Fermenten ist, ein Gegenstand von hohem Werthe für den Brauer sein wird. Wir müssen daher unsere Aufmerksamkeit der Frage: Ist es überhaupt möglich, ein Ferment in absoluter Reinheit zu erzielen? etwas eingehender zuwenden.

Die Erfahrung lehrt, daß es bis nun kein Mittel giebt, Hefe oder irgend ein anderes Ferment in solcher Form zu erhalten, daß wir mit Sicherheit sagen könnten: außer der Alkohol-Gährungspflanze sei kein anderer Organismus in der gesammten Hefemasse anzutreffen. Alle Methoden der sogenannten Reindarstellung von Fermenten haben sich als unzureichend erwiesen, indem bei längerem Gebrauche einer angeblich ganz reinen Hefe nach Verlauf mehrerer Gährungen, wobei die Organismen viele Generationen durchmachen mußten, sowohl mittels des Mikroskopes, als auch durch die chemische Prüfung das Vorhandensein fremder Fermente nachgewiesen werden kann.

Wie ungemein scharf die chemische Prüfungsmethode ist, zeigt sich in besonders hohem Grade bei der Prüfung solcher Flüssigkeiten, welche durch ein angeblich ganz reines Alkoholferment vergohren wurden. Neben den ungemein geringen Mengen von Essigsäure, die zu den normalen Gährungsprodukten des Alkoholfermentes gehören, vermag man in einer solchen Flüssigkeit schon mit voller Sicherheit die Gegenwart von Milchsäure nachzuweisen, wenn das betreffende Ferment noch so schwach entwickelt ist, daß man es mit Hülfe des Mikroskopes nicht aufzufinden vermag.

Wenn es auf irgend eine Weise gelingt, das Alkoholferment der Biergährung in völlig reinem Zustande zu erhalten, so ist damit eine für die Industrie hochwichtige Frage gelöst, denn das unter Anwendung dieser Hefe erhaltene Bier wird sich durch eine absolute Haltbarkeit auszeichnen — man wird es beliebig lange aufbewahren können, ohne daß es seine Eigenschaft ändert. Pasteur hat

in dieser Richtung zahlreiche Versuche angestellt, welche zwar nach ihm vollkommen befriedigende Resultate ergaben, die aber bis nun in der Praxis keinen Eingang gefunden haben, weil die Darstellung des Bieres nach dem Pasteur'schen Verfahren eine ziemlich umständliche ist und es überhaupt bei großem Betriebe kaum möglich sein dürfte, das Ferment, vorausgesetzt, daß man es wirklich in absoluter Reinheit besitzt, in diesem Zustande zu erhalten.

Man wird sich nach unserem Dafürhalten in der Praxis begnügen müssen, dahin zu arbeiten, eine möglichst reine Hefe zu gewinnen und dieselbe auf das sorgfältigste zu überwachen, um sie auch im Zustande der Reinheit zu erhalten. Wir haben schon oben angedeutet, daß die Bestimmung des Säuregehaltes der vergohrenen Flüssigkeit, sowie die mikroskopische Untersuchung der Hefe selbst die sichersten Mittel sind, um den Zustand der Hefe zu controliren.

Die große Bedeutung, welche die Erzielung einer möglichst reinen Hefe für die Brautechnik hat, hat den Verfasser dieses Werkes veranlaßt, Versuche über die Cultur reiner Bierhefe zu machen und haben dieselben insoferne zu einem befriedigenden Ergebnisse geführt, als Hefe erzielt wurde, welche, wenn auch nicht absolut rein, doch viel reiner war, als jene Hefe, welche in den Brauereien allgemein angewendet und als gutes Ferment anerkannt wird. Wir geben im Nachstehenden kurz den Weg an, welchen wir bei diesen Versuchen einschlugen und fügen bei, daß die betreffenden Versuche — wie sich übrigens aus der Darstellung derselben ergeben wird — derartige sind, daß sie auch in großem Maßstabe ausgeführt werden können und dadurch eben die Uebertragung derselben in die Praxis möglich erscheint.

Es ist bekannt, daß der Alkohol ein Körper ist, welcher dem Leben feindlich entgegentritt und wird der Alkohol dieser Eigenschaft wegen bekanntlich vielfach als Conservirungsmittel von Früchten, anatomischen Präparaten u. s. w. angewendet. Wir wissen ferner, daß der Alkohol sich auch jenen Organismen gegenüber, deren Lebensthätigkeit er seine Entstehung verdankt, den Alkoholfermenten gegenüber als Gift verhalte. . . . Wenn die Alkoholmenge, welche in einer gährenden Flüssigkeit durch die Alkoholfermente gebildet wird, eine gewisse Höhe erreicht hat, hört in Folge der gährungshemmenden Wirkung des Alkoholes die Gährung ganz auf, wenn auch die Flüssigkeit noch alle zur Ernährung des Fermentes erforderlichen Stoffe enthält.

Die Alkoholmenge, welche aber eine Flüssigkeit enthalten kann, ohne daß sie die Entwickelung eines Alkoholfermentes zu unterdrücken vermag, ist aber eine viel größere, als dies bei anderen Fermenten der Fall ist; die Alkoholfermente vermögen sich noch in Flüssigkeiten zu entwickeln, welche über 15 Percente Alkohol enthalten — das ist eine Menge, welche die Entwickelung anderer Fermente vollkommen zu hindern im Stande ist. Es ist begreiflich, daß das Alkoholferment die Fähigkeit besitzen muß, eine größere Menge von Alkohol, ohne Schaden zu ertragen, als andere Fermente, indem es ja beständig darauf angewiesen ist, in solchen Flüssigkeiten zu leben, in welchen sich die Menge des Alkoholes fortwährend vergrößert.

Einer größeren Versuchsreihe zufolge, welche der Verfasser über die Ent-

wickelungsfähigkeit anderer Fermente in alkoholhaltigen Flüssigkeiten anstellte, kann man annehmen, daß schon die Gegenwart von 5 bis 6 Percenten Alkohol in einer Flüssigkeit hinreichend sei, um der Entwickelung anderer Fermente große Hindernisse entgegenzusetzen, indeß sich ein Alkoholferment in einer solchen Flüssigkeit noch mit großer Leichtigkeit weiter entwickelt.

Gestützt auf diese Wahrnehmung machte ich den Versuch, Alkoholferment in einer Flüssigkeit zu erziehen, welcher schon von Anbeginn eine Alkoholmenge, welche 5 bis 6 Percente betrug, zugefügt wurde. Die Versuche wurden in der Weise ausgeführt, daß zu frisch aufgekochter Bierwürze 5 Percente Alkohol gefügt und diese Flüssigkeit sodann zur Ernährung von Alkoholferment verwendet wurde. Als Ferment wurde frische Bierhefe aus verschiedenen Brauereien benutzt und vor der Anwendung in eigenthümlicher Weise auf ihre Reinheit geprüft.

Es wurde nämlich eine geringe Menge der Hefe der Art in Wasser vertheilt, daß eine milchige Flüssigkeit entstand und wurden von dieser kleine Tropfen auf Glasplättchen gebracht, welche unmittelbar vorher soweit erhitzt worden waren, daß alle an denselben haftenden Fermente sicher getödtet sein mußten. Nur jene Plättchen, auf welchen man in dem Flüssigkeitströpfchen nichts anderes als das reine Alkoholferment (dasselbe war Unterhefe) bei genauer Untersuchung mittels des Mikroskopes nachgewiesen werden konnte, wurden verwendet.

Die Erziehung des Fermentes geschah auf die Weise, daß ein solches Plättchen in ein Gefäß geworfen wurde, welches die mit 5 Percent Alkohol versetzte Würze enthielt. Die Gefäße wurden dann sorgfältig mit Glasplatten bedeckt und an einem Orte, dessen Temperatur 5 bis 6 Grade betrug — somit Untergährungstemperatur — sich selbst überlassen. Es dauerte immer einige Tage, bis sich die geringe Menge von Hefe, welche auf den Glasplättchen in die Flüssigkeit gebracht wurde, soweit entwickelte, daß man das Eintreten der Gährung deutlich wahrzunehmen im Stande war; sobald die Gährung an Intensität zunahm, wurden Proben der Flüssigkeit sowohl auf chemischem Wege als auch mittels des Mikroskopes untersucht. In den meisten Fällen ergab schon die chemische Untersuchung, daß sich in der Flüssigkeit Milchsäure gebildet habe, wenn auch das betreffende Ferment noch nicht mit dem Mikroskope nachgewiesen werden konnte; letzteres gelang aber immer, wenn man die neugebildete Hefe in frischer Bierhefe zur Entwickelung brachte und diese Uebertragung einige Male wiederholte. Neben der Vermehrung des Alkoholfermentes fand in diesem Falle auch eine entsprechende Vermehrung des Milchsäurefermentes statt, z. B. gelang es dann immer, die Gegenwart des Milchsäurefermentes mit Hülfe des Mikroskopes nachzuweisen.

Obwohl ich den Versuch oft wiederholte und zu demselben Hefe, welche aus verschiedenen Brauereien stammte, in Anwendung brachte, gelang es doch nicht, ein Alkoholferment zu erziehen, welches genügend rein gewesen wäre — in allen Fällen stellte sich nach einer gewissen Zeit Milchsäureferment ein, obwohl aus vergleichenden Proben hervorging, daß die Gegenwart des Alkoholes in der

noch nicht gährenden Flüssigkeit die Entwickelung des Milchsäurefermentes verzögerte.

Nachdem ich zur Erkenntniß gelangt war, daß es bei Anwendung von Hefe, die aus Brauereien bezogen war, nicht möglich ist, reines Alkoholferment zu erziehen, schlug ich einen anderen Weg ein. Wir wissen, daß bestimmte Fermente besonders leicht in Flüssigkeiten von gewisser Beschaffenheit zur Entwickelung gelangen und sind sowohl die Bierwürze als der Weinmost Beispiele hierfür. In Belgien werden die sogenannten selbstgährigen Biere in der Weise hergestellt, daß man die Würze in Fässern sich selbst überläßt; sie gelangt nach längerer oder kürzerer Zeit in Gährung und finden sich in derselben sehr verschiedene Fermente vor; schließlich gelangt aber doch jenes Ferment, welches wir im Biere meistens antreffen (Saccharomyces cerevisiae), zur Herrschaft. Obwohl nun die Bierwürze ein ausgezeichnetes Nahrungsmittel für verschiedene Fermente abgiebt, so müssen wir dieser Erscheinung zufolge dennoch annehmen, daß Würze ganz besonders zur Ernährung von Saccharomyces cerevisiae geeignet ist, oder daß die Gegenwart einer gewissen Menge von Alkohol in der Flüssigkeit die anderen Fermente in solcher Weise an der Entwickelung hindert, daß sie gegen das Alkoholferment zurücktreten müssen.

Eine ähnliche Erscheinung läßt sich am Weinmoste beobachten. An den Bälgen der Traubenbeeren finden sich verschiedene Fermente in großer Zahl vor und läßt sich deren Gegenwart auch im Moste nachweisen; wenn aber einmal die Gährung beginnt, so nehmen wir wahr, daß diese Fermente immer mehr und mehr zurücktreten und der gewöhnliche Weingährungspilz (Saccharomyces ellypsoideus) schließlich das Uebergewicht über die anderen Organismen erlangt. In einem Moste aus weißen Trauben läßt sich, wenn einmal die Hauptgährung kräftig geworden, kaum ein anderes Ferment nachweisen, als Saccharomyces ellypsoideus.

Gestützt auf diese Wahrnehmung versuchte ich, Bierhefe durch Selbstgährung von Bierwürze zu erziehen und wendete wegen des Hemmnisses, welchen Alkohol der Entwickelung fremder Fermente entgegensetzt, auch bei diesen Versuchen eine Bierwürze an, die mit 5 Percenten Alkohol versetzt worden war. . . . Es sei hier bemerkt, daß ein noch höherer Alkoholgehalt noch günstigere Wirkungen äußert; ich ging aber mit dem Zusatze von Alkohol nicht über die angegebene Grenze hinaus, weil ich befürchtete, das Alkoholferment selbst in seinen Eigenschaften zu beeinträchtigen, indem es in der Bierwürze bekanntlich nur eine geringe Menge von Alkohol zu produciren hat.

Es wurde Bierwürze, welche frisch aufgekocht worden war, nach dem Zusatze von Alkohol in offenen Gefäßen durch einige Stunden der Luft dargeboten und die Gefäße, nachdem sie mit Glasplatten bedeckt worden waren, in einem kühlen Raume sich selbst überlassen. Es dauerte in den meisten Fällen 6 bis 10 Tage, bis in diesen Flüssigkeiten die Entwickelung von Organismen eintrat und wurden die Gefäße solange in Ruhe belassen, bis sich die Erscheinungen der Gährung deutlich zeigten und am Boden ein ziemlich starker Absatz von Hefe stattgefunden hatte.

Die mikroskopische Untersuchung dieses Bodensatzes ergab in der Mehrzahl der Fälle, daß derselbe aus sehr reinem Alkoholfermente bestand, welches alle Eigenschaften von Saccharomyces cerevisiae zeigte; besonders wenn die schon in starker Gährung begriffene Flüssigkeit in ein anderes Gefäß gegossen wurde und in demselben neuerdings Hefe producirt hatte, war das Ferment sehr rein, so daß man erwarten konnte, die Cultur der Hefe nach diesem Verfahren werde günstige Ergebnisse liefern.

Die auf diese Art gewonnene Hefe wurde nun dazu verwendet, um neue Mengen von Würze, die vor dem Anstellen blos aufgekocht, aber nicht mit Alkohol versetzt worden war, in Gährung zu bringen. Es wurde hierbei genau in derselben Weise verfahren, wie dies oben beschrieben wurde: eine geringe Menge der Hefe wurde mittelst des Mikroskopes auf ihre Reinheit geprüft und in die Würze gebracht; sobald sie sich in letzterer genügend vermehrt hatte, verwendete ich sie zum Anstellen einer neuen Würzemenge und wiederholte dies mehrere Male. Die so erhaltenden gährenden Flüssigkeiten wurden immer genau auf ihren Gehalt an Milchsäure untersucht und zeigte sich in der Mehrzahl der Fälle die völlige Abwesenheit dieser Säure, oder war dieselbe doch in so geringen Mengen vorhanden, daß sie nicht genau bestimmt werden konnte. Im Vergleiche mit dem Gehalte an Milchsäure, welchen die Flüssigkeiten zeigten, zu deren Vergährung Hefe aus Brauereien verwendet wurde, war die Menge von Milchsäure, welche sich in jenen Flüssigkeiten vorfand, die in Folge von Selbstgährung zur Vergährung gekommen waren, immer eine sehr geringe zu nennen, so daß sich aus den Ergebnissen dieser Versuche der Schluß ziehen läßt, daß man durch freiwillige Ausbildung von Fermenten in einer Flüssigkeit, welche schon Anfangs eine gewisse Menge von Alkohol enthält, eine Hefe erhalten könne, welche verhältnißmäßig sehr arm an Milchsäureferment ist, ohne jedoch ganz frei davon zu sein. Nachdem es bei diesen Versuchen nicht möglich ist, eine größere Menge von Hefe zu erhalten — eine Bedingung, an welche die Brauchbarkeit eines solchen Verfahrens für die Praxis geknüpft ist, versuchte ich, diese Hefe zu starker Vermehrung zu bringen und wendete hierfür die von Brefeld aufgefundene Thatsache an, daß sich die Gährungsorganismen in einer Flüssigkeit, welche reichlich Sauerstoff enthält, sehr stark vermehren, ohne vergährend zu wirken. — Die Gegenwart des freien Sauerstoffes wirkt, wie an früherer Stelle auseinandergesetzt wurde, in der Weise, daß sich die Pflanze reichlich aus der sie umgebenden Flüssigkeit ernährt, ohne Gährung zu veranlassen.

Zum Zwecke der Vermehrung der Hefe wurde ein sehr einfacher Apparat angewendet. Derselbe bestand aus einer großen flachen Porzellanschüssel, welche einige Centimeter hoch mit Bierwürze gefüllt war; am Boden dieser Schüssel lag ein spiralförmig zusammengewundenes Zinnrohr, welches an seiner Oberfläche mit vielen engen Oeffnungen versehen war. Dieses Rohr führte zu einem Gefäße, welches etwas Schwefelsäure enthielt, in die ein Rohr tauchte, durch welches Luft eingeblasen wird. Die letztangegebene Vorrichtung hatte den Zweck, nur solche Luft in die Würze gelangen zu lassen, welche durch Schwefelsäure gestrichen und in derselben von allen ihr beigemengten Keimen befreit worden war. Nachdem in die Flüssigkeit eine geringe Menge von Hefe eingetragen war,

bedeckte ich die Schüssel mit einer lose aufliegenden Glasplatte und trieb eine größere Menge von Luft durch dieselbe — einerseits, um die Flüssigkeit mit Sauerstoff zu sättigen und andererseits die mit Fermentkeimen beladene Luft, welche über der Flüssigkeit lagerte, zu entfernen. Das Durchblasen von Luft wurde täglich wiederholt und alle 3 Tage durch ein enges Rohr 10 Percent von der ursprünglich angewendeten Flüssigkeitsmenge an frisch aufgekochter Würze zu dem Inhalte der Schüssel gesetzt; dieser Zusatz wurde aus dem Grunde gemacht, um die Flüssigkeit, welcher von den neuentstehenden Hefezellen fortwährend Stoffe entzogen werden, immer in solcher Beschaffenheit zu erhalten, daß sie dem Fermente ausgezeichnete und reichliche Nahrung biete.

Die Vermehrung der Hefe ging bei Anwendung dieses einfachen Apparates mit sehr großer Raschheit von statten und scheint mir dieses Verfahren vollkommen geeignet, binnen Kurzem so bedeutende Mengen von Hefe zu erziehen, daß selbe zum Stellen größerer Mengen von Bierwürze hinreichend sind. ... Es sei hier noch erwähnt, daß es sehr leicht ist, die Vermehrung der Hefe noch in einem viel größeren Maßstabe vorzunehmen; wenn man die Hefe, welche man in der Porzellanschüssel erzogen hat, zum Stellen von Würze verwendet, die sich in einer großen flachen Kufe befindet, welche eine größere Menge von Würze zu fassen vermag und durch Einblasen von Luft auch in diesem Gefäße die Vermehrung der Hefe beschleunigt, so kann man auf diesem Wege eigentlich beliebig große Mengen von Hefe in kurzer Zeit erziehen, wenn man auch nur Anfangs eine sehr geringe Menge von Hefe zur Verfügung hatte.

Als Gesammtergebniß dieser Versuche läßt sich Folgendes hinstellen: Die Cultur von gewöhnlicher Bierhefe in alkoholhaltiger Würze giebt zwar ein Ferment, welches etwas reiner ist, als die ursprünglich angewendete Hefe, ohne daß jedoch die Unterschiede sehr erhebliche waren. ... Hefe, welche durch Selbstgährung von alkoholhaltiger Würze erzogen wurde, ist in der Mehrzahl der Fälle von viel größerer Reinheit und ist besonders arm an Milchsäureferment, wird daher Biere ergeben, welche einen sehr geringen Gehalt an Milchsäure besitzen.

Durch Anwendung des eben beschriebenen Verfahrens ist es möglich, eine sehr kleine Hefemenge innerhalb kurzer Zeit soweit zu vermehren, daß die Menge der neuproducirten Hefe für technische Zwecke ausreichend ist. ... Die Production von absolut reinem Alkoholfermente gelingt aber auch auf diesem Wege nicht, sondern läßt sich nach diesem Verfahren nur eine Hefe erzielen, welche sich durch bedeutende Reinheit vortheilhaft vor der Mehrzahl der Hefegattungen auszeichnet welche in den Brauereien in Verwendung stehen.

Anhang.

Die Conservirung der Hefe.

Seitdem die Bierhefe beinahe ausschließlich in Form von Unterhefe angewendet wird und die Brauer die Einrichtung getroffen haben, daß der Betrieb ihrer Anstalten nicht mehr während des Sommers unterbrochen, sondern unter Anwendung von Eis auch während der heißesten Jahreszeit fortgesetzt wird, hat die Conservirung von Hefe weniger Wichtigkeit als früher, wo es darauf ankam, die sich bei der letzten Gährung ergebende Hefe bis zum Wiederbeginn der Arbeit im Herbste aufzubewahren.

Die Vorsichtsmaßregeln, welche hierbei angewendet wurden, bestanden, wie so ziemlich allgemein bekannt ist, darin, daß man bestrebt war, die Hefe möglichst kühl und feucht zu erhalten. Man suchte diesen Zweck auf die Weise zu erreichen, daß man die möglichst von Flüssigkeit befreite Hefe in Eiskellern aufbewahrte oder dieselbe in einen Korb verpackt, in den Schacht eines tiefen Brunnens einsenkte. Bei Anwendung der genügenden Vorsicht gelingt es auf diese Art, Hefe vollkommen frisch und lebenskräftig zu erhalten, ohne daß dieselbe in Selbstgährung oder gar in Faulniß übergeht.

Nach den eben veröffentlichten Arbeiten von Nägeli ist nicht daran zu zweifeln, daß die Erscheinung der Selbstgährung nicht so vor sich gehe, wie man dies allgemein angenommen hat, sondern, daß dieselbe eigentlich die Folge der Wirkung von Spaltpilzen auf abgestorbene Zellen des Hefeorganismus sei, welche die Cellulose der abgestorbenen Zellen in lösliche Form bringen und hierdurch den noch lebenden Alkoholpilzen ein Kohlehydrat zuführen, welches durch das Invertin in gährungsfähigen Zucker verwandelt werden kann. Nachdem nun Nägeli gefunden hat, daß die Gegenwart einer Säure in einer Flüssigkeit der Entwickelung jener Spaltpilze, welche die Faulnißerscheinungen hervorrufen, hinderlich sei, so dürfte es sich sehr empfehlen, einer zu conservirenden Hefe eine entsprechende Menge von Phosphorsäure — etwa 1 Percent — zuzufügen.

Dieser Zusatz an Phosphorsäure ist bei der nachfolgenden Anwendung der

Hefe von keinem Nachtheile — derselbe nimmt im Gegentheile einen auf die Gährung befördernden Einfluß. Es ist schon seit langem bekannt, daß die Zufügung einer kleinen Menge von Phosphorsäure zu einer in Alkoholgährung begriffenen Flüssigkeit sehr fördernd auf die Gährung einwirke, und hat man diesen günstigen Einfluß dem Umstande zugeschrieben, daß hierdurch die Hefe reichliche Nahrung an Phosphorsäure erhalte . . . Obwohl nun die Hefe allerdings verhältnißmäßig großer Mengen von Phosphorsäure bedarf, so dürfte — den Nägeli'schen Veröffentlichungen zu Folge — die Gegenwart der Phosphorsäure wohl auch in der Weise nützen, daß sie in der gährenden Flüssigkeit jede Entwickelung von Spaltpilzen hintanhält, und das Alkoholferment allein und ungehindert seine Thätigkeit auszuüben vermag.

Wenn man übrigens einige Vorsichtsmaßregeln bei der Conservirung von Hefe beobachtet, kann man dieselbe, wie ich mich durch wiederholte Versuche überzeugte, ziemlich leicht aufbewahren, ohne daß die Hefe verdirbt oder eine Einbuße an vergährender Kraft erleidet. Es scheint aber hierfür unbedingt erforderlich, daß die Hefe selbst rein sei und die Aufbewahrung derselben unter solchen Verhältnissen stattfinde, daß nicht fremde Organismen — Schimmel- und Spaltpilze zu derselben gelangen können.

Die erwähnten Versuche wurden in der Weise ausgeführt, daß Hefe, die sich bei sorgfältiger mikroskopischer Prüfung völlig frei von Spaltpilzen gezeigt hatte, in Glaskolben gebracht wurde, welche rasch mit Hülfe der Luftpumpe von Luft befreit wurden. Nachdem die Luft ausgepumpt war, gestattete ich derselben wieder Zutritt — aber in der Weise, daß die eintretende Luft durch Schwefelsäure streichen mußte und durch diese von allen ihr anhaftenden Organismen befreit wurde. Dieses Auspumpen und Wiedereinströmenlassen der Luft wurde mehrere Male wiederholt. Wenn sich nicht während der kurzen Zeit, welche zwischen dem Einbringen der Hefe in die Glaskolben und dem Auspumpen der Luft verstrich, Spaltpilze aus der Luft in der Hefe angesiedelt hatten, so mußte die Hefe in den Glaskolben unter einer Schichte von reiner Luft lagern, und war das Hinzutreten der Spaltpilze bei der Aufbewahrung dadurch unmöglich gemacht, daß die Röhren, welche an den Ballon befestigt waren, durch Baumwollpropfen geschlossen wurden. Nach diesem Verfahren gelang es in vielen Fällen, die Hefe durch mehrere Monate unverändert zu erhalten; es muß aber auch bemerkt werden, daß manche dieser Versuche in der Weise fehlschlugen, daß sich an der Oberfläche der Hefe Schimmel ausbildete, oder daß dieselbe in Milchsäuregährung überging. Nachdem sich diese Erscheinung auch bei Proben von Hefe in gewissen Ballons zeigte, welche gleichzeitig mit anderen beschickt worden — und zwar mit derselben Hefe beschickt worden waren, so muß man allerdings annehmen, daß die kurze Berührung der Hefe mit der Luft in den Ballons ausreichend ist, um Spaltpilze in die Hefe gelangen zu lassen, welche sich rasch vermehren und sich zum Theile des Invertzuckers, welcher sich in der Hefe vorfindet, bemächtigen und denselben in Milchsäure, Buttersäure, Essigsäure u. s. w. verwandeln.

Wenn nun auch, wie wir dies schon an früherer Stelle hervorgehoben haben, die mikroskopische Prüfung einer Hefe nicht absolute Sicherheit für die Reinheit

derselben gewährt, indem es unmöglich ist, eine größere Hefemasse mikroskopisch zu untersuchen, so wird doch das Mikroskop bei der Untersuchung der Hefe, welche aufbewahrt werden soll, ungemein nützliche Dienste leisten; ergiebt die Untersuchung die Gegenwart von Spaltpilzen in einer Hefe, so folgt schon daraus, daß sich eine derartige Hefe nicht für eine längere Aufbewahrung eignen werde.

Erst, wenn einmal die Mittel gefunden sein werden, die Alkolfermente im Zustande absoluter Reinheit zu erhalten, wird es mit Leichtigkeit möglich sein, Hefe unter Anwendung gewisser Vorsichtsmaßregeln beliebig lange aufbewahren zu können.

Bayerische Staatsbibliothek MÜNCHEN

Verlag von Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin.

Handbuch des landwirthschaftl. Wasserbaus.

Von Dr. **Emil Perels,**

Professor an der k. k. Hochschule für Bodencultur in Wien.

Mit 343 in den Text gedruckten Holzschnitten und 4 chromolith. Tafeln.

Ein starker Band in gross Octav. Preis 20 Mark.

Handbuch des landwirthsch. Bauwesens

mit Einschluss der

Gebäude für die landwirthschaftl. Gewerbe.

Von **Friedrich Engel,**

Baurath und Docent an der landw. Lehranstalt zu Proskau.

Sechste, vermehrte und verbesserte Auflage.

Mit 614 Abbildungen im Text und 42 lithogr. Tafeln.

Ein starker Band in 4°. Preis 20 Mark.

Industrielle

Torfgewinnung und Torfverwerthung

von

A. Hausding,

Ingenieur in Berlin.

Mit 108 in den Text gedruckten Holzschnitten. Preis 12 Mark.

Die Kalk-, Gyps- und Cement-Fabrikation

von **H. Stegmann,**

Redacteur der Zeitschrift für Thonwaaren-Industrie zu Braunschweig.

Mit 41 in den Text gedruckten Holzschnitten.

In Leinen gebunden. Preis 2 Mark 50 Pf.

Handbuch für agriculturchemische Analysen

von

Dr. **L. Grandeau,**

Director der landw. Versuchsstation in Nancy.

Mit einem Vorwort

von Dr. **W. Henneberg,**

Professor und Director der Versuchsstation in Göttingen.

Mit 46 in den Text gedruckten Holzschnitten. Preis 7 Mark.

Kurzes Lehrbuch

der

Anorganischen Chemie für Landwirthe.

Von Dr. **Robert Pott,**

Privatdocent der Agriculturchemie an der Universität Jena.

Preis 4 Mark.

Einfache Versuche

für den

Unterricht in der Chemie.

Für agriculturchemische Laboratorien zusammengestellt

von **B. Tollens,**

Professor, Director des agriculturchemischen Laboratoriums in Göttingen.

Mit 42 in den Text gedruckten Holzschnitten. Preis 2 Mark 50 Pf.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Wiegandt, Hempel & Parey in Berlin.

Handbuch der Spiritusfabrikation

von **Dr. Max Maercker,**
Vorsteher der Versuchsstation und ausserordentl. Professor an der Universität Halle a. d. S.
Mit 191 Holzschnitten und 16 Tafeln.
Ein starker Band in gross Octav. Preis 20 Mark.

Untersuchungen
auf dem Gebiete der

Agriculturchemie und Spiritusfabrikation

ausgeführt an der landw. Versuchsstation zu Halle a. d. S. 1874—1876.
Herausgegeben von **Dr. Max Maercker,**
Vorsteher der Versuchs-Station, a. o. Professor a. d. Universität Halle a. d. Saale.
Mit 2 Holzschnitten und 9 lith. Tafeln. Preis 10 Mark.

Handbuch der Zuckerfabrikation

von **Dr. F. Stohmann,**
Professor an der Universität Leipzig.
Mit 125 in den Text gedruckten Holzschnitten. Preis 14 Mark.

Die Stärkefabrikation

von Dr. F. Stohmann,
Professor an der Universität Leipzig.
Mit 66 in den Text gedruckten Holzschnitten.
In Leinen gebunden. Preis 2 Mark 50 Pf.

Handbuch der Liqueurfabrikation.

Nach dem Französischen des P. Duplais
bearbeitet von **L. Gumbinner.**
Dritte, neu bearbeitete Auflage.
Mit 25 in den Text gedruckten Holzschnitten. Preis 4 Mark.

Stammer's

Brennerei-Kalender auf das Jahr 1879.

Zweiter Jahrgang.
Herausgegeben von Dr. **Max Delbrück** — Berlin, u. Dr. **Karl Stammer** — Koberwitz.
Gebunden Preis 3 Mark.

Taschenkalender für Zuckerfabrikanten

auf das Jahr 1879.
Zweiter Jahrgang.
Herausgegeben von **Dr. Karl Stammer.**
Gebunden Preis 3 Mark.

Zeitschrift für Spiritus-Industrie.

Organ des Vereins und der Versuchsstation der Spiritusfabrikanten in Deutschland.
Unter Mitwirkung von
Dr. M. Maercker,
Vorstand der Versuchsstation des landw. Centralvereins in Halle a. S.
herausgegeben von
Dr. M. Delbrück,
Vorstand der Versuchsstation des Vereins der Spiritusfabrikanten.
Zweiter Jahrgang. 1879.
Monatlich 2 Nummern in Quart-Format.
Abonnements-Preis für den Jahrgang 12 Mark. Probenummern gratis und franco.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Berlin, Druck von W. Büxenstein.

Auszug aus der Inhalts-Uebersicht.

XII. Conservirung des Bieres.
XIII. Prüfung des Bieres.

Technischer Theil.

XIV. Praxis des Bierbrauens.
XV. Brauerei-Einrichtungen.
XVI. Kühlvorrichtungen.
XVII. Lagerkeller.
XVIII. Das Eis und die Eishäuser.
XIX. Die Eismaschinen.
XX. Versendung des Bieres.
XXI. Anlage von Brauereien.

Preßhefe-Fabrikation.

XXII. Materialien zur Preßhefe-Fabrikation.
XXIII. Darstellung von Preßhefe.
XXIV. Eigenschaften und Anwendung der Preßhefe.

IV. Theil. Branntweinbrennerei.

Einleitung.
I. Materialien zur Branntweinbrennerei.
II. Prüfung derselben.
III. Die Maischen.
IV. Die Gährung und deren Leitung.
V. Saccharometrie.
VI. Alkoholometrie.
VII. Die Maischverfahren.
VIII. Die Destillation.
IX. Die Rectification.
X. Die Destillir-Apparate.
XI. Die Schlämpe.
XII. Die verschiedenen Branntweingattungen.
XIII. Die Ertragsberechnungen.
XIV. Die Anlage von Branntweinbrennereien.

V. Theil. Der Wein.

Einleitung.
I. Die Traubensorten.
II. Die Mostgewinnung.
III. Die Hauptgährung.
IV. Die Nachgährung.
V. Die Lagerung des Weines.
VI. Die Kellerbehandlung.
VII. Die Weinkeller.
VIII. Die Kellermittel.
IX. Die Verbesserung des Weines.
X. Die Vermehrung des Weines.
XI. Weinspecialitäten.
XII. Façonirte Weine.
XIII. Schaumweinfabrikation.
XIV. Charakteristik der Weinsorten.
XV. Obstweine.

VI. Theil. Die Essigfabrikation.

I. Die Rohmaterialien.
II. Wein-Essig.
III. Bier-Essig.
IV. Malz-Essig.
V. Branntwein-Essig.
VI. Schnell-Essigfabrikation.
VII. Holzessig.
VIII. Reine Essigsäure.
IX. Essigsaure Salze.
X. Prüfung des Essigs.
XI. Anlage von Essigfabriken.

VII. Theil. Die Verwerthung der sich bei den Gährungsgewerben ergebenden Rückstände. — Fabrikation der Aether.

I. Die Verwerthung der Brauerei-Abfälle.
II. Die Verwerthung der Branntweinschlämpe.
III. Die Verwerthung der Rückstände von der Weinbereitung.
IV. Die Fabrikation des Aethers.
V. Die Fabrikation der zusammengesetzten Aether.

Prospect.

Den sogenannten gährungs-chemischen Gewerben kommt in der Reihe der chemischen Industrien eine erste Stelle zu, indem ihnen die Aufgabe zufällt, die organische Substanz, welche ihnen in den Produkten des Ackerbaues geliefert wird, in neue Formen zu bringen, durch welche sie einen viel höheren Werth erhalten, als in der ursprünglichen Gestalt. Von diesem Standpunkte aus lassen sich die Gährungsgewerbe gewissermaßen als das verbindende Glied zwischen Ackerbau und Industrie hinstellen und überall sieht man die Thätigkeit des Landwirthes mit der des Gährungs-Technikers verbunden, ja an vielen Orten ist die letztere als die werkthätigste Gehilfin des Landwirthes anzusehen, indem sie ihm reiche und sichere Absatzquellen für seine Produkte eröffnet.

Trotz dieser hohen Bedeutung der Gährungsgewerbe fehlte darüber bisher ein umfassendes Handbuch, welches die gesammten Gährungsgewerbe nach einem einheitlichen Grundplane in leichtfaßlicher Form darstellt — ein Mangel, welcher namentlich in Bezug auf die Bedürfnisse der Praxis scharf hervortritt. — Die vorliegende

Gährungs-Chemie für Praktiker

ist ein Werk, dessen Aufgabe darin liegt, in einer der Bedeutung des Gegenstandes entsprechenden und erschöpfenden Weise das Wesen sämmtlicher Gährungsgewerbe nach dem neusten Stande der Wissenschaft in solcher Weise darzustellen, daß dasselbe dem Praktiker in allen Fällen einen sicheren Führer bei seinen Arbeiten bietet. Obwohl der Verfasser bei seinem Werke das Schwergewicht auf den praktischen Theil gelegt hat, wurde auch die theoretische Seite soweit nothwendig, vollinhaltlich berücksichtigt, weil es nach dem heutigen Stande unseres Wissens ganz unmöglich erscheint, ein wirklich den Zwecken der Industriellen nützliches Werk zu schreiben, ohne bei letzteren eine gewisse Summe wissenschaftlicher Kenntnisse vorauszusetzen.

Zahlreiche Tafeln und in den Text gedruckte Holzschnitte werden die Verständlichkeit des Werkes zu erleichtern, wesentlich beitragen.

Entsprechend den verschiedenen Zweigen der gährungs-chemischen Gewerbe zerfällt die „Gährungs-Chemie für Praktiker" in mehrere Abtheilungen, deren jede als ein in sich abgeschlossenes Ganzes dargestellt ist. Das ganze Werk wird sich laut der umstehenden Inhalts-Uebersicht aus folgenden Abtheilungen zusammensetzen:

Die Hefe und die Gährungserscheinungen, enthaltend die Lehre von der Gährung, den Fermenten und der Prüfung der Hefe. — Die Fabrikation des Malzes, Dextrines und Traubenzuckers. — Die Bierbrauerei. — Die Fabrikation der Preßhefe. — Die Branntweinbrennerei. — Die Weinbereitung (Wein, Obstwein, Schaumwein). — Die Essigfabrikation. — Die Verwerthung der sich bei den Gährungsgewerben ergebenden Rückstände. — Die Fabrikation der Aether.

Jeder Band des Werkes ist einzeln verkäuflich.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Berlin, Druck von W. Büxenstein.

Oberm.

Bayerische StaatsBibliothek

Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Bersch, Josef,

Gährungs-Chemie für Praktiker

Bd.: 1

Berlin 1879

Oecon. 248 e-1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11391026-8